NORMAN DOIDGE

El cerebro se cambia a sí mismo

«Un esperanzador y extraordinario retrato de la incalculable permeabilidad del cerebro humano», Oliver Sacks.

Índice

Aviso al lector

Todos los nombres de las personas que han experimentado transformaciones neuroplásticas son reales, excepto cuando se indica lo contrario y en los casos de niños y sus familiares.

El apartado de notas y referencias bibliográficas incluye comentarios sobre los capítulos y los apéndices.

Prefacio

Este libro trata sobre el descubrimiento revolucionario de que el cerebro humano es capaz de curarse a sí mismo a través de las experiencias de científicos, médicos y pacientes que juntos han hecho posible estas asombrosas transformaciones. Sin operaciones ni fármacos han usado la capacidad —hasta hace poco desconocida— que posee el cerebro de cambiar. Algunos de estos individuos eran pacientes a los que se habían diagnosticado enfermedades neurológicas incurables; otros, personas sin problemas específicos que simplemente querían mejorar el funcionamiento de su cerebro o mantenerlo joven. En los últimos cuatrocientos años esta empresa habría sido inconcebible, ya que la ciencia y la medicina tradicionales estaban convencidas de que la anatomía del cerebro era inmutable. La idea extendida era que, superada la infancia, el cerebro cambiaba únicamente para iniciar un lento proceso de declive; que cuando las células neuronales dejaban de funcionar correctamente, resultaban dañadas o incluso morían, no podían reemplazarse. Tampoco el cerebro tenía capacidad de alterar su estructura ni de encontrar una nueva manera de funcionar si una parte de él resultaba dañada. La teoría del cerebro inmutable decretaba que las personas nacidas con limitaciones mentales o con daño cerebral seguirían así de por vida. A aquellos científicos que se preguntaron alguna vez si un cerebro sano podía mejorar su rendimiento o conservarlo mediante el ejercicio mental se les decía que no perdieran el tiempo. Un nihilismo neurológico —la sensación de que cualquier tratamiento para muchos problemas mentales era ineficaz e incluso injustificado— prevaleció y se extendió en nuestra cultura, llegando a afectar a nuestra visión global de la naturaleza humana. Puesto que el cerebro era incapaz de cambiar, la natura-

leza humana, que es el resultado directo de él, parecía ser también por fuerza fija e inalterable.

La creencia en que el cerebro era incapaz de cambiar se basaba en tres fuentes: el hecho de que los pacientes con daño cerebral rara vez se recuperaban por completo; nuestra incapacidad para observar la actividad microscópica del cerebro *vivo*, y la idea —que se remonta a los inicios de la ciencia moderna— de que el cerebro es una especie de máquina maravillosa. Y aunque las máquinas hacen muchas cosas extraordinarias, éstas no incluyen la capacidad de cambiar y crecer.

Me interesé por la idea de un cerebro cambiante a partir de mi trabajo como investigador en los campos de la psiquiatría y el psicoanálisis. Cuando los pacientes no progresaban desde el punto de vista psicológico tanto como cabía esperar, la costumbre entre la comunidad médica era asumir que sus problemas eran «estructurales» dentro de un cerebro inmutable. El empleo del término «estructural» era en sí otra metáfora del cerebro como una especie de ordenador con circuitos conectados permanentemente y diseñados cada uno de ellos para llevar a cabo una función específica e inalterable.

La primera vez que escuché que el cerebro humano podía no tener una estructura fija e inmutable decidí que tenía que investigar y sopesar los indicios personalmente. Dichas investigaciones me llevaron muy lejos de mi consulta.

Emprendí una serie de viajes, y en el camino tuve ocasión de conocer a un conjunto de científicos brillantes que, trabajando en las fronteras de la neurociencia habían hecho, a finales de la década de 1960 o principios de la de 1870, una serie de descubrimientos inesperados que demostraban que el cerebro cambiaba su estructura cada vez que iniciaba una actividad, perfeccionando sus circuitos de modo que éstos se adaptaran a cada tarea. Si algunas «partes» fallaban, entonces otras podían en ocasiones tomar el relevo. La metáfora de la máquina, del cerebro como un órgano dividido en secciones especializadas, no bastaba para explicar aquellos cambios detectados por estos científicos, que entonces acuñaron el término «neuroplasticidad» para definir esta propiedad nueva y fundamental del cerebro.

Neuro por «neurona», las células nerviosas que hay en nuestro cerebro y en nuestro sistema nervioso, y *plástico* por «alterable,

maleable, modificable». Al principio muchos de estos científicos no se atrevían a emplear el término «neuroplasticidad» en sus publicaciones, y sus colegas les acusaban de defender una noción que calificaban de fantasiosa. Sin embargo, poco a poco, y a fuerza de insistir, lograron derribar el dogma del cerebro inmutable. Demostraron que los niños pueden adquirir habilidades mentales que no tenían al nacer; que un cerebro dañado puede ser capaz de reorganizarse de modo que, cuando falla una de sus partes, otra puede reemplazarla; que si las células del cerebro mueren en ocasiones pueden ser sustituidas, y que muchos «circuitos» e incluso reflejos básicos que consideramos innatos, en realidad no lo son. Uno de dichos científicos llegó incluso a demostrar que el pensamiento, el aprendizaje y la experiencia pueden activar y desactivar nuestros genes, transformando así nuestra anatomía cerebral y nuestro comportamiento, sin duda uno de los descubrimientos más extraordinarios de todo el siglo XX.

En el curso de mis viajes conocí a un científico capaz de lograr que personas ciegas de nacimiento empezaran a recuperar la vista, a otro que devuelve a los sordos la capacidad de oír; hablé con personas que, tras haber sufrido derrames cerebrales hacía décadas y ser diagnosticados como incurables, lograron recuperase gracias a tratamientos neuroplásticos; conocí a otras curadas de sus problemas de aprendizaje y que habían logrado aumentar su cociente intelectual; vi pruebas concluyentes de que es posible para individuos de 80 años mejorar su memoria de modo que funcione igual que cuando tenían 55. Vi a personas reeducar sus cerebros con sus propios pensamientos y librarse así de traumas y obsesiones hasta entonces incurables. Hablé con premios Nobel que debatían acaloradamente sobre cómo debemos repensar nuestro modelo de cerebro ahora que sabemos que está en constante cambio.

La idea de que el cerebro es capaz de cambiar su estructura y su función a través de la actividad y el pensamiento supone, en mi opinión, el cambio más importante en nuestra noción del cerebro desde que esbozamos su anatomía básica y el comportamiento de su componente básico, la neurona, por primera vez. Como todas las revoluciones, ésta tendrá profundas consecuencias, y es mi deseo que este libro muestre algunas de ellas. La revolución de la neuroplasticidad tiene implicaciones, entre otras cosas, en nuestra concepción de cómo el amor, el sexo, el duelo, las relaciones hu-

manas, el aprendizaje, la cultura, la tecnología y la psicoterapia alteran nuestro cerebro. Las humanidades, las ciencias sociales y físicas, en la medida en que se ocupan de la naturaleza humana también se verán afectadas, al igual que las distintas formas de aprendizaje. Todas estas disciplinas habrán de asumir el hecho de que el cerebro puede cambiarse a sí mismo y de que la arquitectura cerebral difiere de una persona a otra y que además cambia conforme transcurren nuestras vidas.

Pero aunque todo indica que el cerebro humano ha sido subestimado, la neuroplasticidad no trae sólo buenas noticias, ya que convierte nuestras mentes en algo con mayores recursos, pero también más vulnerable a las influencias externas. Tiene el poder de producir comportamientos más flexibles, pero también más rígidos, un fenómeno que yo llamo «la paradoja plástica». Irónicamente, algunos de nuestros hábitos y desórdenes más enraizados son productos de la plasticidad de nuestro cerebro. Una vez tiene lugar, un cambio plástico particular puede evitar que otros ocurran. Sólo entendiendo los efectos tanto positivos como negativos de la plasticidad podremos comprender de verdad el alcance de sus posibilidades en el ser humano.

Y porque una palabra nueva siempre es necesaria para designar a aquellos que hacen algo nuevo, he bautizado los que practican esta nueva ciencia de cambiar cerebros con el nombre de «neuroplásticos».

Lo que viene a continuación es el relato de mis encuentros con ellos y con los pacientes cuyos cerebros ayudaron a transformar.

I

Una mujer que se cae constantemente...

salvada por el hombre que descubrió la plasticidad de nuestros sentidos

«Y vieron las voces».
Éxodo 20, 18

Cheryl Schiltz se siente siempre como si estuviera a punto de caerse. Y por eso siempre se está cayendo.

Cuando está de pie sin apoyarse en nada da la impresión al verla de que estuviera al borde de un precipicio a punto de caer en picado. Primero la cabeza le baila y se inclina hacia un lado mientras extiende los brazos intentando mantener el equilibrio, pero pronto su cuerpo empieza a tambalearse de forma caótica y entonces parece un equilibrista sobre la cuerda floja intentando desesperadamente no caerse, sólo que en el caso de Cheryl ella está sobre tierra firme y con las piernas algo separadas. No parece tener miedo a caerse, sino más bien de que la empujen.

—Pareces un equilibrista —le digo.

—Sí, me siento como si fuera a saltar en cualquier momento, aunque no quiero.

Cuando la observo con detenimiento noto que mientras trata de mantenerse quieta experimenta pequeñas sacudidas, como si unas cuerdas invisibles y crueles la zarandearan de un lado a otro intentado tirarla al suelo. Sólo que las cuerdas están en realidad dentro de ella desde nada menos que hace cinco años. Cada vez que intenta caminar tiene que sujetarse a la pared y aún así se tambalea como un borracho. Para Cheryl no existe la paz, ni siquiera cuando se ha caído al suelo.

—¿Qué sientes cuando te has caído? —le pregunto—. ¿Desaparece la sensación de estar cayéndote una vez que estás en el suelo?

—Ha habido veces —dice Cheryl—. En que ni siquiera noto el suelo... y entonces una trampilla imaginaria se abre y me engulle.

Incluso una vez que se ha caído, la sensación de estar precipitándose por un abismo infinito continúa.

El problema de Cheryl es que su aparato vestibular, el órgano sensorial cuya función es ayudarnos a mantener el equilibrio, no funciona. Se encuentra exhausta y la sensación de estar permanentemente en caída libre la está volviendo loca, porque le impide pensar en ninguna otra cosa. Tiene miedo al futuro. Poco después de que su problema empezara perdió su trabajo como delegada internacional de ventas y ahora vive con un subsidio mensual por minusvalía de 1.000 dólares. De pronto siente miedo de envejecer y experimenta una forma inusual de ansiedad que no tiene nombre.

Un aspecto esencial aunque tácito de nuestro bienestar se basa en tener un sentido del equilibrio normal. En la década de 1930 el psiquiatra Paul Schilder estudió cómo la sensación de estar sanos y la imagen «estable» de nuestro cuerpo están relacionados con el aparato vestibular. Cuando decimos que nos sentimos «arraigados» o «desarraigados» «con o sin los pies en la tierra» estamos empleando lenguaje vestibular, cuya realidad sólo se hace evidente en casos como el de Cheryl. No resulta sorprendente que personas que padecen su misma enfermedad a menudo acaben desmoronándose psicológicamente o que muchos hayan llegado a suicidarse.

Poseemos sentidos que no conocemos hasta que los perdemos; el equilibrio es uno de los que suelen funcionar con normalidad, sin fisuras; por eso Aristóteles no lo incluyó en su enumeración y por eso también ha sido ignorado durante siglos.

El sistema de equilibrio nos permite orientarnos en el espacio. Su órgano sensorial, el aparato vestibular, se compone de tres canales semicirculares situados en el oído interno que nos informan de que estamos erguidos y de cómo la gravedad afecta a nuestros cuerpos al detectar el movimiento en el espacio tridimensional. Uno de los canales se encarga de detectar el movimiento en el plano horizontal, el otro en el plano vertical y el tercero cuando nos desplazamos adelante o atrás. Estos canales semicirculares contienen pequeños capilares que flotan en un líquido. Cuando movemos la cabeza este líquido o fluido hace moverse los capilares, que en-

vían una señal a nuestro cerebro diciéndonos que hemos aumentado nuestra velocidad en una dirección determinada. Cada nuevo movimiento requiere el correspondiente ajuste del resto del cuerpo. Si echamos la cabeza hacia delante, nuestro cerebro se encarga de informar al correspondiente segmento de nuestro cuerpo que se adapte inconscientemente, de manera que podamos compensar ese cambio en nuestro centro de gravedad y mantener el equilibrio. Las señales procedentes del aparato vestibular viajan por un nervio hasta un grupo de neuronas situadas en el cerebro llamado «núcleo vestibular» que las procesa y acto seguido envía órdenes a nuestros músculos para que se adapten. Un aparato vestibular sano también está fuertemente ligado a nuestro sistema visual. Cuando corremos detrás de un autobús moviendo la cabeza arriba y abajo somos capaces de mantener la vista fija en el autobús gracias a que nuestro aparato vestibular envía mensajes a nuestro cerebro informándole de la velocidad y la dirección en que estamos corriendo. Estas señales permiten a nuestro cerebro rotar y ajustar la posición de nuestros globos oculares para mantenerlos enfocados en nuestro objetivo, el autobús en este caso.

Estoy con Cheryl y Paul Bach-y-Rita, uno de los grandes pioneros en comprender la plasticidad del cerebro, y su equipo en uno de sus laboratorios. Cheryl está esperanzada con el experimento de hoy y se muestra estoica pero receptiva sobre su enfermedad. Yuri Danilov, el biofísico del equipo, hace cálculos a partir de los datos que están reuniendo sobre el aparato vestibular de Cheryl. Es ruso, extremadamente inteligente y habla con fuerte acento. Dice:

—Cheryl es una paciente con pérdidas de funcionamiento de entre un 95 y un 100 por ciento de su aparato vestibular.

Según los estándares convencionales, el de Cheryl es un caso perdido. La ciencia convencional considera que el cerebro está formado de módulos procesuales especializados genéticamente estructurados para desempeñar sólo funciones específicas desarrolladas y perfeccionadas a lo largo de millones de años de evolución. Una vez que una de estas funciones resulta dañada no puede reemplazarse. Ahora que su aparato vestibular está dañado, Cheryl tiene las mismas posibilidades de recuperar su equilibrio que un ciego de recuperar la vista.

Pero hoy todas estas suposiciones están a punto de verse desafiadas.

Cheryl lleva puesto un casco de albañil en el que han practicado unos agujeros y en cuyo interior hay un aparato llamado acelerómetro. Entonces moja con la lengua una fina tira de plástico en la que hay pequeños electrodos y se la pega en la lengua. El acelerómetro del casco envía señales a la tira plástica y ambos objetos están conectados a un ordenador cercano. Cheryl suelta una carcajada y dice:

—Me río por no llorar.

Esta máquina es uno de los prototipos de aspecto estrafalario diseñados por Bach-y-Rita. Sustituirá el aparato vestibular de Cheryl y enviará señales de equilibrio a su cerebro desde la lengua. Es posible que este casco ponga fin a su pesadilla. En 1997, tras serle practicada un histerectomía, Cheryl, que entonces tenía 39 años, sufrió una infección posoperatoria y se le administró gentamicina. Se sabe que una dosis excesiva de gentamicina puede envenenar las estructuras internas del oído y producir pérdida auditiva (que Cheryl no padece), pitidos (que Cheryl sí padece) y daños en el aparato vestibular. Pero como la gentamicina es un antibiótico barato y efectivo se sigue recetando, aunque por lo general por periodos cortos de tiempo. Cheryl afirma que tomó demasiada y se convirtió así en un miembro más de la pequeña tribu de víctimas de la gentamicina, que se llaman a sí mismos «los tambaleantes».

De pronto llegó un día en que no podía estar de pie sin caerse y, al mover la cabeza, la habitación daba vueltas sin que pudiera decir si lo que se movía era ella o las paredes. Por fin consiguió ponerse en pie agarrándose a una de las paredes y llegar hasta el teléfono para llamar al médico.

Cuando llegó al hospital le hicieron varias pruebas para comprobar si su aparato vestibular funcionaba correctamente. Le echaron agua helada y después caliente en los oídos y la hicieron tenderse en una camilla. Cuando le pidieron que se levantara con los ojos cerrados, Cheryl se cayó. Un médico le dijo que había perdido la función vestibular. Los resultados de las pruebas revelaron que sólo conservaba alrededor del 2 por ciento de dicha función.

«Me dijo como si tal cosa que era uno de los efectos secundarios de la gentamicina», me explica Cheryl. «¿Por qué no me dijeron nada?». Llegado este momento se muestra alterada. «Me dijo que es algo permanente. Yo estaba sola, mi madre me había acompañado a la consulta pero había ido a buscar el coche y me esperaba fuera del hospital. Cuando salí me preguntó:

—¿Te vas a poner bien?

Yo la miré y le dije:

—Es permanente... No me voy a poner bien nunca.

Puesto que el vínculo entre el aparato vestibular de Cheryl y su sistema visual está dañado, sus ojos no son capaces de seguir un punto en movimiento de forma continua. «Todo lo que veo salta, como en un vídeo de aficionado. Es como si todo lo que está en mi campo de visión fuera de gelatina, y a cada paso que doy, tiembla».

Aunque no puede seguir con la vista objetos que se mueven, la visión es lo único que le indica si está erguida. Nuestros ojos nos ayudan a situarnos en el espacio al fijarse en las líneas horizontales. En una ocasión en que se fue la luz, Cheryl cayó inmediatamente al suelo. Pero la visión resulta ser un apoyo poco fiable, ya que cualquier clase de movimiento que se desarrolle en frente de ella —aunque sea alguien intentando sujetarla— exacerba su sensación de caída. Incluso la decoración en zigzag de una alfombra puede hacerle tropezar, al transmitirle una serie de mensajes falsos haciéndole pensar que está torcida, cuando en realidad no lo está.

Cheryl también padece fatiga mental como resultado de estar siempre alerta. Mantenerse en posición erguida todo el tiempo requiere una gran energía mental en detrimento de habilidades como el razonamiento y el cálculo.

Mientras Yuri lee los resultados de Cheryl en el ordenador pregunto si puedo probar el aparato. Me pongo el casco de albañil y deslizo en mi boca la tira de plástico con los electrodos que llaman dispositivo de la lengua. Es plana y tan delgada como una tira de chicle.

El acelerómetro o sensor que está en el casco detecta movimiento en dos planos. Cuando asiento con la cabeza este movimiento es trasladado a una pantalla de ordenador que permite monitorizarlo. Este mismo mapa se proyecta a un conjunto de 144 electrodos implantados en la tira de plástico que llevo pegada a la lengua. Cuando me inclino hacia delante pequeñas descargas eléctricas que parecen burbujas de champán salen de la punta de mi lengua indicándome que estoy inclinándome hacia delante. Lo mismo ocurre cuando me inclino hacia los lados. Entonces cierro los ojos y trato de situarme en el espacio con ayuda de la lengua. Pronto me olvido de que la información sensorial que percibo procede de mi lengua y soy capaz de situarme en el espacio.

Cheryl vuele a ponerse el casco y mantiene el equilibrio apoyándose en la mesa.

—Empecemos —dice Yuri ajustando los controles.

Cheryl se pone el casco y cierra los ojos para, a continuación, separarse de la mesa, aunque mantiene dos dedos apoyados. No se cae, aunque no tiene referencia espacial alguna a excepción de las burbujas de champán que salen de su lengua. Levanta los dedos de la mesa. Ya no se tambalea y en cambio empieza a llorar, es un llanto postraumático; ahora que se siente segura con el casco puesto puede dar rienda suelta a sus emociones. La primera vez que se puso el casco la sensación de estar cayendo la abandonó por primera vez en cinco años. Hoy su objetivo es poder estar de pie, sin agarrarse a nada, durante 20 minutos con el casco puesto y concentrándose en mantener el equilibrio. Para cualquiera —y mucho más para un «tambaleante»— estar erguido 20 minutos requiere la formación y la experiencia de un guardia del palacio de Buckingham.

Parece tan serena mientras corrige ligeramente su postura... Las sacudidas han cesado y los misteriosos demonios que parecían habitar en su interior, zarandeándola de un lado a otro, parecen haberse esfumado. Su cerebro está descodificando señales procedentes de su aparato vestibular. Para ella estos momentos de paz son un milagro —un milagro neuroplástico, porque de alguna manera la sensación burbujeante de la lengua, que normalmente iría hasta la parte del cerebro denominada corteza o córtex —la delgada capa que recubre el cerebro y es la encargada de procesar el sentido del tacto— se dirige ahora por un nuevo itinerario a la parte del cerebro que procesa equilibrio.

—Nuestro objetivo ahora es hacer este aparato tan pequeño que pueda llevarse dentro de la boca —me explica Bach-y-Rita—. Como un aparato dental, ésa es nuestra meta. Entonces Cheryl y otras personas con su mismo problema podrán llevarlo y hablar y comer sin que nadie se dé cuenta.

—Pero esto no ayudará sólo a los afectados por la gentamicina —continúa—. Ayer salió un artículo en *The New York Times* sobre las caídas de las personas mayores, que por lo visto tienen más miedo de caerse que incluso de ser atacados. Una tercera parte de las personas mayores se cae en alguna ocasión y, entonces, por miedo a hacerlo de nuevo, se quedan en casa, no ejercitan las articulaciones y se vuelve físicamente más frágiles. Pero yo creo que par-

te del problema es que el sentido vestibular —lo mismo que el oído, el gusto, la vista o cualquiera de nuestros sentidos— se debilitan con la edad y este aparato podrá ayudarles.

—Es la hora —anuncia Yuri apagando el ordenador.

Ahora viene la segunda maravilla de la neuroplasticidad. Cheryl se quita la cinta de la lengua y también el casco. A continuación, y con una gran sonrisa, se pone de pie con los ojos cerrados y sin agarrarse a nada y no se cae. Entonces abre los ojos y, sin tocar la mesa, levanta un pie del suelo y permanece en equilibrio sobre el otro.

—Quiero a este hombre —dice, y da un abrazo a Bach-y-Rita. Después camina hasta mí rebosante de emoción y abrumada por la sensación de notar el suelo estable bajo sus pies, y también me abraza.

—Me siento anclada y sólida. Ya no necesito pensar dónde están mis músculos y puedo concentrarme en otras cosas.

Se vuelve hacia Yuri y le da un beso.

—Tengo que subrayar por qué esto es un milagro —dice éste, quien se considera un escéptico de las estadísticas—. Cheryl apenas posee sensores naturales y durante los últimos 20 minutos le hemos proporcionado uno artificial. Pero el verdadero milagro es lo que está pasando *ahora* que le hemos quitado la máquina, y no tiene aparato vestibular ni natural ni artificial. Estamos despertando algún tipo de fuerza en su interior.

La primera vez que se probó el casco Cheryl lo llevó sólo un minuto y notaron que, una vez se lo quitaba, había un «efecto residual» que duraba unos cuarenta segundos. Después se lo dejaron puesto veinte minutos esperando que el efecto residual durara menos de siete minutos, es decir, la tercera parte del tiempo que lo había llevado puesto. Pero duró el triple del tiempo, una hora entera. Hoy, dice Bach-y-Rita, están experimentando para ver si veinte minutos más con el aparato tendrá algún tipo de efecto de entrenamiento, de manera que el efecto residual dure todavía más.

Cheryl comienza a gesticular y a moverse.

—Puedo caminar otra vez como una mujer lo que, para la mayoría de las personas seguramente no tiene la menor importancia, pero para mí significa que ya no tengo que andar con las piernas separadas.

Se sube a una silla y salta; después se agacha para coger cosas del suelo para demostrarnos que es capaz de enderezarse sola.

—La última vez que hice esto logré sobrepasar el límite del efecto residual.

—Lo que resulta asombroso —comenta Yuri— es que no necesita permanecer siempre en la misma postura. Después de haber estado un tiempo conectada al aparato puede comportarse casi con normalidad. Columpiarse de una viga en el techo, conducir. Su función vestibular se ha recuperado. Cuando mueve la cabeza puede mantener la vista fija en un punto, ya que el nexo entre los sistemas visual y vestibular también se ha recuperado.

Levanto la vista y veo a Cheryl bailando con Bach-y-Rita. Ella le lleva a él.

¿Cómo es que Cheryl es capaz de bailar y de hacer vida normal sin estar conectada a la máquina? Bach-y-Rita cree que existen diversas razones para ello. En primer lugar, su sistema vestibular dañado está desorganizado y «ruidoso» y lanza señales aleatorias. El ruido que emite el tejido dañado bloquea las señales que emite el tejido sano. La máquina ayuda a reforzar las señales del tejido sano. Bach-y-Rita también cree que la máquina también ayuda a encontrar otros caminos, y es aquí donde entra en juego la neuroplasticidad. El sistema cerebral está formado de numerosas vías neuronales que están conectadas unas a otras y trabajan de manera conjunta. Si algunas de estas vías resultan bloqueadas el cerebro recurre a otras para sustituirlas. «Yo lo veo de esta manera», dice Bach-y-Rita, «si conduces desde aquí a Milwaukee y se desploma el puente principal tu primera reacción es quedarte paralizado, pero después tomas carreteras secundarias a través del campo. Y, conforme te acostumbras a circular por estas carreteras acabas descubriendo atajos para llegar hasta tu destino y cada vez llegas antes». Estas vías neuronales «secundarias» quedan entonces «desenmascaradas», al descubierto y, con el uso, terminan fortaleciéndose. En la actualidad se cree que este «desenmascaramiento» es uno de los recursos que tiene el cerebro para reorganizarse.

El hecho de que en Cheryl el efecto residual de la máquina sea cada vez más prolongado sugiere que la vía neuronal «desenmascarada» se está fortaleciendo. Bach-y-Rita confía en que Cheryl, con entrenamiento suficiente, sea capaz de prolongar más y más la duración del efecto residual.

Unos días más tarde Bach-y-Rita recibe un correo electrónico de Cheryl en el que le informa de la duración del último efecto

residual. «El tiempo residual total fue de 3 horas 20 minutos... Pasado este tiempo mi cabeza empieza a bailar de nuevo... Me cuesta encontrar las palabras... Mi cabeza parece balancearse. Cansada. Agotada... Deprimida».

Es la triste historia de Cenicienta. Regresar de la normalidad es muy duro y, cada vez que ocurre, siente que ha muerto, resucitado y luego muerto otra vez. Por otra parte, 3 horas y 20 minutos después de estar con el aparato puesto sólo 20 minutos supone un tiempo residual 10 veces superior al tiempo que ha estado conectada a la máquina. Cheryl es la primera «tambaleante» en recibir esta clase de tratamiento e, incluso si el efecto residual se prolonga, ahora podría conectarse al aparato cuatro veces al día y llevar un vida normal. Pero existen razones para esperar todavía más, puesto que en cada sesión su cerebro parece entrenarse para prolongar la duración del efecto residual. Y si la cosa continúa...

Y lo hizo. Durante el año siguiente Cheryl llevó puesto el aparato con mayor frecuencia y consiguió incrementar su efecto residual hasta varias horas y por último hasta cuatro meses. Ahora ya no lo necesita y ha dejado de ser una «tambaleante».

En 1969 *Nature*, la revista científica más importante de Europa, publicó un artículo breve que tenía un fuerte aroma a ciencia ficción. Su autor principal, Paul Bach-y-Rita, se presentaba como científico y médico rehabilitador, una rara combinación. Dicho artículo describía un aparato que permitía a personas ciegas de nacimiento recuperar la vista. Todas tenían retinas dañadas y se las consideraba clínicamente no tratables.

Tanto *The New York Times* como *Newsweek* y *Life* citaron el artículo de *Nature*, pero quizá porque la noticia parecía tan poco plausible, el aparato y su inventor pronto cayeron en una relativa oscuridad.

Acompañando el artículo había un dibujo de una máquina de aspecto extraño, parecida a una silla de dentista de las antiguas, con un respaldo que vibraba, una maraña de cables y grandes ordenadores. Construida a partir de piezas de desecho y electrónicas de la década de 1960, pesaba más de 180 kilos.

Una persona congénita de nacimiento estaba sentada en la silla detrás de una cámara del tamaño de las que entonces se em-

pleaban en los estudios de televisión. Estaba «escaneando» una escena que se desarrollaba frente a él accionando los mandos para mover la cámara, la cual enviaba señales eléctricas de la imagen a un ordenador que las procesaba. Entonces las señales eléctricas se transmitían a cuatro estimuladores-vibradores dispuestos en hileras sobre una plancha de metal pegada al respaldo de la silla, de manera que los estimuladores estuvieran en contacto con la piel de la persona ciega y funcionaran como píxeles que vibran en las zonas oscuras de una imagen y permanecen estáticos en las iluminadas. Este «aparato de visión táctil», como se llamaba, permitía a personas ciegas leer, reconocer caras y distinguir entre los objetos que se encuentran lejos y los que están cerca. Les permitía descubrir la perspectiva y apreciar cómo los objetos parecen cambiar de forma dependiendo del ángulo desde el que se ven. Los seis pacientes que se sometieron al experimento fueron capaces de reconocer objetos como un teléfono, incluso cuando estaba parcialmente tapado por un jarrón. Hasta consiguieron reconocer una foto de la supermodelo anoréxica Twiggy, famosa por entonces (esto ocurrió en la década de 1960).

Todos los que usaron aquel relativamente tosco aparato de visión táctil vivieron una experiencia perceptiva notable, al pasar de tener sensaciones táctiles a «ver» personas y objetos.

Con un poco de práctica, los pacientes ciegos comenzaron a percibir el espacio frente a ellos de forma tridimensional, aunque la información les llegaba procedente del dispositivo bidimensional colocado en sus espaldas. Si alguien tiraba una pelota en dirección a la cámara, el paciente saltaba automáticamente hacia atrás para esquivarlo. Si se les cambiaban los estimuladores de la espalda al abdomen, los pacientes seguían percibiendo la escena que se desarrollaba frente a la cámara. Si se les hacía cosquillas cerca de los estimuladores no confundían las cosquillas con un estímulo visual. Su percepción mental tenía lugar no en la superficie de la piel, sino en el mundo real. Y sus percepciones eran complejas. Con la práctica llegaron a mover la cámara y decir cosas como: «Ésa es Betty; hoy lleva el pelo suelto y se ha quitado las gafas. Tiene la boca abierta y está moviendo la mano derecha desde su lado izquierdo en dirección a la parte posterior de la cabeza». Cierto, la resolución era casi siempre mala pero, tal y como explicaba Bach-y-Rita, la visión no tiene por qué ser perfecta para

considerarse visión. «Cuando caminamos por la calle en un día de niebla y vemos la silueta borrosa de un edificio, ¿quiere decir que no lo estamos viendo? Cuando vemos algo en blanco y negro ¿es que no lo vemos?»

Aquel aparato ya olvidado fue una de las primeras y más audaces aplicaciones de la neuroplasticidad —un intento por utilizar un sentido para reemplazar a otro— y funcionó. Sin embargo fue tildado de inviable e ignorado, porque la mentalidad científica de ese momento asumía que la estructura del cerebro es fija, y que nuestros sentidos, las vías por las que la experiencia llega hasta nuestra mente, son inmutables. Esta idea, que todavía goza de numerosos adeptos, recibe el nombre de «localizacionismo» y está directamente relacionada con la concepción del cerebro como una máquina compleja hecha de partes diferentes cada una de las cuales desempeña una función mental específica y existe en una *localización* —de ahí su nombre—genéticamente predeterminada. En un cerebro donde cada función tiene una única localización posible hay poco espacio para la plasticidad.

La idea del cerebro como máquina ha inspirado y guiado la neurociencia desde que se propuso por primera vez en el siglo XVII sustituyendo a nociones más espirituales sobre el cuerpo y el alma. Los científicos, impresionados por los descubrimientos de Galileo (1564-1642) que demostraron que los planetas eran cuerpos inanimados impulsados por fuerzas mecánicas, llegaron a la conclusión de que toda la naturaleza funcionaba como un gran reloj cósmico sujeto a las leyes de la física, y empezaron a explicar los seres vivos individuales, incluyendo los órganos corporales, desde un punto de vista mecánico, es decir, como si también éstos fueran máquinas. Esta visión del mundo natural como un gigantesco mecanismo y de nuestros órganos como máquinas vino a sustituir la idea griega de doscientos años de antigüedad según la cual la naturaleza es un gran organismo vivo y nuestros cuerpos cualquier cosa menos mecanismos inanimados. Pero el primer gran avance en esta «biología mecanística» fue especialmente brillante y original y se lo debemos a William Harvey (1578-1657), quien estudió Anatomía en Padua, Italia, donde enseñaba Galileo, y descubrió cómo la sangre circula por nuestros cuerpos y demostró que el corazón funciona como una bomba, que no es otra cosa que una máquina sencilla. Pronto se hizo evidente para muchos cien-

tíficos que, para que una explicación fuera científica, también tenía que ser mecanística, es decir, estar sujeta a las leyes mecánicas del movimiento. Después de Harvey, el filósofo francés René Descartes (1596-1650) argumentó que el cerebro y el sistema nervioso también funcionaban como una bomba. Nuestros nervios son en realidad conductos, decía Descartes, que iban desde las extremidades hasta el cerebro y de vuelta a los primeros. Fue el primero en teorizar sobre los reflejos, arguyendo que cuando tocamos la piel de una persona, una sustancia líquida en los conductos nerviosos fluye hasta el cerebro y después es «reflejada» mecánicamente por los nervios y hasta los músculos. Por descabellado que suene todo esto, Descartes no andaba tan desencaminado. Los científicos pronto pulieron esta descripción algo rudimentaria argumentando que lo que circulaba por los nervios no era un líquido, sino una corriente eléctrica. La idea de Descartes del cerebro como una máquina compleja culminó en nuestra noción actual del cerebro como un ordenador y en localizacionismo. Al igual que una máquina, el cerebro se compone de distintas partes cada una de las cuales desarrolla una única función, de manera que si una de esas partes resulta dañada no puede hacerse nada por reemplazarla; después de todo, a las máquinas no les crecen piezas nuevas.

El localizacionismo se aplicó también a los sentidos y se llegó a la conclusión de que cada uno de ellos —la vista, el oído, el gusto, el tacto, el olfato y el equilibrio— tiene una célula receptora especializada en detectar una de las muchas manifestaciones de energía que nos rodean. Cuando son estimuladas, estas células envían una señal eléctrica a través de los nervios a un área específica del cerebro que procesa ese sentido. La mayoría de los científicos era de la opinión de que estas áreas cerebrales eran tan especializadas que una nunca podría realizar la función de otra.

Paul Bach-y-Rita fue prácticamente el único científico en rechazar estas ideas localizacionistas. Nuestros sentidos posen una importante naturaleza plástica, descubrió, y si uno de ellos resulta dañado en ocasiones otro puede reemplazarlo en un proceso que él llama «sustitución sensorial». Bach-y-Rita desarrolló una manera de desencadenar esta sustitución sensorial además de unos aparatos capaces de dotarnos de «supersentidos». Al descubrir que el sistema nervioso puede adaptarse a ver a través de una cámara en lugar de a través de la retina, Bach-y-Rita sentó las bases de la gran

esperanza de los ciegos: implantes de retina que pueden insertarse en el ojo quirúrgicamente.

A diferencia de la mayoría de los científicos, que suelen centrarse en un solo campo de investigación, Bach-y-Rita se ha hecho experto en varios: medicina, psicofarmacología, neurofisiología ocular (que estudia los músculos del ojo), neurofisiología visual (el estudio de la vista y del sistema nervioso) e ingeniería biomédica. Sigue sus ideas hasta donde le lleven. Habla cinco idiomas y ha vivido durante largos periodos en Italia, Alemania, Francia, México, Suecia y Estados Unidos. Ha trabajado en los laboratorios de grandes científicos y premios Nobel, pero nunca le ha importado demasiado lo que opinan los demás y no se presta a los juegos políticos que emplean muchos científicos para medrar en sus carreras. Después de convertirse en médico, dejó de ejercer y se dedicó a la investigación básica, planteándose cuestiones que parecían desafiar el sentido común, tales como: ¿son los ojos necesarios para ver, los oídos para oír, la lengua para el gusto o la nariz para oler? Después, a los 44 años y sin perder un ápice de su mente inquieta, volvió a la medicina y empezó su residencia, con sus días y noches interminables, en una de las especialidades más áridas que existen: la medicina de rehabilitación. Su ambición era convertir una disciplina intelectualmente estancada en una ciencia aplicando sus conocimientos sobre plasticidad.

Bach-y-Rita es un hombre de lo más sencillo. Viste trajes baratos y, siempre que su mujer le deja, ropas del Ejército de Salvación. Conduce el mismo coche desvencijado desde hace 12 años, mientras que su mujer tiene un Passat último modelo.

Tiene un cabello gris ondulado y abundante, habla suave y rápidamente y su piel tiene el tono aceitunado propio de un hombre mediterráneo con ascendencia española y judía, y no aparenta sus 69 años. Es obviamente una persona cerebral, pero irradia una calidez casi infantil hacia su esposa Esther, mexicana de ascendencia maya.

Está acostumbrado a que le consideren un bicho raro. Creció en el Bronx y cuando empezó a ir al instituto medía sólo 1 metro 25 centímetros debido a una misteriosa enfermedad que detuvo su crecimiento durante ocho años; además, en dos ocasiones se le diagnosticó leucemia. Todos los días los chicos de los cursos su-

periores le pegaban y durante aquellos años desarrolló un umbral del dolor extraordinariamente alto. A los 12 años se le inflamó el apéndice y se le diagnosticó, esta vez correctamente, una rara forma de apendicitis crónica, una enfermedad misteriosa. Entonces creció 20 centímetros y ganó su primera pelea.

Conducimos por Madison, Wisconsin, donde reside cuando no está en México. Es absolutamente modesto y después de varias horas de conversación se le escapa un único comentario que podría interpretarse remotamente como elogioso:

—Soy capaz de comunicar cualquier cosa con cualquier cosa —comenta sonriendo.

—Vemos con el cerebro, no con los ojos —dice.

Esta afirmación es contraria a la noción extendida de que vemos con los ojos, oímos con los oídos, percibimos el gusto con la lengua, olemos con la nariz y sentimos con la piel. ¿Quién se atrevería a poner en duda estas afirmaciones? Pero para Bach-y-Rita, los ojos se limitan a percibir cambios en la energía eléctrica y es nuestro cerebro el que percibe y, por lo tanto, ve.

La forma en que una sensación determinada llega al cerebro no es importante para Bach-y-Rita. «Cuando un hombre ciego utiliza un bastón y lo mueve atrás y adelante es la punta de éste la que le transmite la información a través de los receptores de la piel de la mano. Y sin embargo el movimiento del bastón es lo que permite deducir donde está la puerta, o una silla, o distinguir un pie cuando choca con alguien. Entonces utiliza esta información para guiarse hasta la silla y sentarse. Aunque los sensores de su mano son los que le transmiten la información y el punto donde su bastón se comunica con él, en realidad lo que está percibiendo *subjetivamente* no es la presión del bastón en su mano sino la disposición de la habitación: las sillas, las paredes, el espacio tridimensional. La superficie receptora de la mano es simplemente depositaria de información, un puerto de datos, que pierde su identidad en el proceso».

Bach-y-Rita determinó que la piel y sus receptores táctiles pueden ser sustitutos de la retina porque tanto la piel como la retina son capas bidimensionales cubiertas de receptores sensoriales que permiten que sobre ellos se formen «imágenes».

Pero una cosa es encontrar un nuevo puerto de datos o una manera de hacer llegar sensaciones al cerebro y otra muy distinta que el cerebro sea capaz de descodificar esas sensaciones táctiles

y unirlas hasta componer imágenes. Para que eso sea posible tiene que aprender algo nuevo, y la parte del cerebro dedicada a procesar el sentido del tacto tiene que adaptarse a las nuevas señales. Esta adaptabilidad implica que el cerebro es plástico, en el sentido de que es capaz de reorganizar su sistema sensorial y perceptivo.

Si el cerebro puede reorganizarse a sí mismo, entonces el localizacionismo no nos transmite una imagen verdadera de cómo funciona. Al principio incluso Bach-y-Rita fue localizacionista, deslumbrado por los primeros éxitos de esta teoría. Ésta se hizo pública en 1861 por boca de un cirujano llamado Paul Broca, uno de cuyos pacientes había perdido el habla después de sufrir un derrame cerebral y sólo era capaz de decir una única palabra. Fuera lo que fuera lo que le preguntaran, este pobre hombre respondía «tan, tan». Cuando murió, Broca diseccionó su cerebro y encontró tejido dañado en el lóbulo frontal izquierdo. Los escépticos dudaban de que la facultad de hablar estuviera localizada en una zona específica del cerebro hasta que Broca les mostró el tejido dañado y después informó sobre otros pacientes que habían perdido el habla y presentaban idénticos daños cerebrales. Esa área del cerebro pasó así a llamarse «el área de Broca», y se consideraba responsable de coordinar los movimientos de los músculos de los labios y la lengua. Poco después otro médico, Carl Wernicke, relacionó los daños en otra sección del cerebro con otro problema: la incapacidad de comprender el lenguaje. Wernicke propuso que la zona cerebral dañada era responsable de la representación mental de palabras y de la comprensión de éstas. Pasó a llamarse «área de Wernicke». Durante los cien años siguientes el localizacionismo se fue haciendo más específico, conforme nuevas investigaciones iban dibujando el mapa del cerebro.

Por desgracia, las bondades de esta teoría pronto comenzaron a exagerarse y pasó de ser una serie de sugerentes correlaciones (se observó que los daños en una zona específica del cerebro conducían a la pérdida de funciones mentales específicas) a una teoría general que afirmaba que cada una de las funciones del cerebro tenía una única localización, un idea resumida en la frase «una función, una localización», que significa que si una parte resultaba dañada, el cerebro no era capaz de reorganizarse o de recuperar la función que realizaba.

Comenzó entonces un periodo negro para la plasticidad y cualquier excepción a la idea dominante de «una función, una locali-

zación» era ignorada. En 1868 Jules Cotard estudió niños con daños cerebrales masivos a edad temprana en los cuales el hemisferio izquierdo (incluida el área de Broca) había desaparecido y que, sin embargo, eran capaces de hablar. Esto significaba que aunque el habla se procesaba por lo general en el hemisferio izquierdo, tal y como Broca, afirmaba, el cerebro podía ser lo suficientemente maleable como para reorganizarse si era necesario. En 1976 Otto Soltmann extirpó la corteza motora—la parte del cerebro que se consideraba responsable de la facultad de moverse— a cachorros y gazapos y descubrió que éstos seguían siendo capaces de moverse. Sus hallazgos se perdieron en el auge del entusiasmo localizacionista.

Bach-y-Rita empezó a dudar del localizacionismo cuando estaba en Alemania a principios de la década de 1960 y se unió a un equipo de investigadores que estudiaban cómo trabajaba la vista midiendo con electrodos la descarga eléctrica procedente del área de procesamiento visual del cerebro de un gato. El equipo esperaba que cuando mostraran una imagen al animal, el electrodo situado en su área de procesamiento visual enviara una descarga eléctrica, demostrando que estaba procesando esa imagen. Y así ocurrió, pero cuando la pezuña del gato resultó rozada por accidente, el área visual también envió una descarga, indicando que también estaba procesando el tacto. Y descubrieron que el área visual estaba también activa cuando el gato escuchaba sonidos.

Bach-y-Rita empezó a pensar que la idea localizacionista de «una función, una localización» podía no ser acertada. La parte «visual» del cerebro del gato estaba procesando al menos dos funciones más, el sonido y el tacto. Empezó a concebir el cerebro como un órgano en gran medida «polisensorial», es decir, que sus áreas sensoriales eran capaces de procesar señales procedentes de más de un sentido. Esto es posible porque todos nuestros receptores sensoriales traducen diferentes clases de energía del mundo exterior, independientemente de su procedencia, a patrones eléctricos que a continuación envían a nuestros nervios. Estos patrones eléctricos son el lenguaje universal que se «habla» dentro del cerebro; dentro de las neuronas no hay imágenes visuales ni sonidos ni olores ni sentimientos. Bach-y-Rita se dio cuenta de que las áreas que procesan estos impulsos eléctricos son más homogéneas de lo que los neurocientíficos pensaban, una creencia que se vio confirmada cuando el neurocientífico Vernon Mountcastle descubrió

que las cortezas visual, auditiva y sensora presentan una estructura similar, de seis capas. Para Bach-y-Rita, esto significaba que cualquier parte de la corteza debería ser capaz de procesar cualquier tipo de señal eléctrica y que los módulos de nuestro cerebro no eran después de todo, tan especializados.

Durante los años siguientes se dedicó a estudiar todas las excepciones al localizacionismo. Con su conocimiento de idiomas se sumergió en la literatura científica antigua y sin traducir y redescubrió trabajos científicos realizados con anterioridad a las versiones más rígidas del localizacionismo. Descubrió la obra de Marie-Jean-Pierre Flourens, quien en la década de 1820 demostró que el cerebro podía reorganizarse a sí mismo. Y leyó la, a menudo citada pero escasamente leída, obra de Broca en francés y descubrió que ni siquiera éste había cerrado la puerta a la plasticidad, tal y como habían hecho sus seguidores.

El éxito de su máquina de visión táctil inspiró a Bach-y-Rita su reorganización del mapa del cerebro humano. Después de todo, el autor del milagro no era su aparato sino el cerebro mismo, que era un organismo vivo, cambiante y capaz de adaptarse a nuevas señales artificiales. Como parte de esta reorganización, dedujo que las señales procedentes del sentido del tacto (inicialmente procesadas en la corteza sensorial, cerca de la parte superior del cerebro) eran redirigidas a la corteza visual situada en la parte posterior para una vez allí ser procesadas, lo que significaba que todas las vías neuronales que discurrían desde la piel hasta la corteza visual se estaban desarrollando.

Hace 40 años, cuando el localizacionismo estaba en su máximo apogeo, Bach-y-Rita empezó a refutarlo. Aunque reconocía sus logros, argumentaba que «existen numerosos indicios de que el cerebro posee plasticidad motora y sensora». Uno de sus artículos fue rechazado por tres revistas científicas diferentes, no porque las pruebas que presentaba resultaran discutibles, sino porque osó incluir el término «plasticidad» en el título. Después de que se publicara su artículo en *Nature*, su admirado mentor, Ragnar Granit, que había recibido el Premio Nobel de Fisiología en 1965 por sus trabajos sobre la retina y quien había gestionado la publicación de la tesis doctoral de Bach-y-Rita, le invitó a su casa a tomar el té. Una vez allí Granit pidió a su mujer que les dejara solos y, después de alabar las investigaciones de Bach-y-Rita sobre los músculos del

ojo, le rogó que, por su propio bien, dejara de perder el tiempo con ese «juguete para adultos». Pero Bach-y-Rita persistió y empezó a describir, en una serie de libros y cerca de cien artículos, las pruebas que demostraban la plasticidad del cerebro y una teoría que explicara cómo ésta podía funcionar.

Aunque la explicación de la plasticidad se convirtió en su interés principal, Bach-y-Rita continuó inventando aparatos de sustitución sensorial. Trabajó con ingenieros para reducir el tamaño de la silla de dentista-ordenador-cámara para los ciegos. La pesada plancha metálica del respaldo se sustituyó por una delgada tira de plástico cubierta de electrodos del diámetro de un dólar de plata, que se pegaba a la lengua. La lengua es lo que él llama «la interfaz cerebro-máquina» ideal, un excelente punto de acceso al cerebro porque no tiene ninguna capa de piel muerta. También el ordenador ha visto reducido su tamaño radicalmente, y la cámara que una vez fue tan grande como una maleta puede ahora acoplarse a unas gafas.

Ha trabajado también con otros inventos de sustitución sensorial. Recibió una subvención de la NASA para desarrollar un guante «sensorial» para uso de los astronautas en el espacio. Los guantes que se empleaban hasta entonces eran tan gruesos que resultaba difícil para los astronautas coger objetos pequeños o realizar movimientos delicados. Así que Bach-y-Rita colocó sensores eléctricos en la parte exterior del guante que enviaban señales eléctricas a la mano. A continuación aprendió cómo se fabrica un guante e inventó uno para pacientes de lepra, quienes, a causa de la enfermedad que mutila la piel y destruye los nervios periféricos, terminan perdiendo la sensación en las manos. Este guante, al igual que el de los astronautas, tenía sensores en su parte externa que enviaban señales a las zonas de piel sana —lejos de las manos— donde los nervios no habían resultado afectados. Esa superficie de piel sana se convertía así en el portal de entrada para las sensaciones de la mano. A continuación Bach-y-Rita comenzó a trabajar en un guante que permitiera a los invidentes leer pantallas de ordenador e incluso tiene un proyecto para un preservativo que, confía, permitirá a las personas con la espina dorsal dañada que han perdido la sensibilidad en el pene volver a tener orgasmos. Se basa en la premisa de que la excitación sexual, al igual que otras experiencias sensoriales, reside «en el cerebro», por lo que las sensaciones de movi-

miento sexual, recogidas por los sensores en el preservativo, pueden transformarse en impulsos eléctricos que a su vez pueden transmitirse a la parte del cerebro que procesa la excitación sexual. Otros usos potenciales de su trabajo incluyen la creación de «supersensores» tales como los infrarrojos o la visión nocturna. Ha desarrollado un aparato para el ejército de la marina de Estados Unidos que ayuda a los buzos a orientarse debajo del agua y otro, probado con éxito en Francia, que informa a los cirujanos de la posición exacta del escalpelo enviando señales desde un sensor eléctrico acoplado al escalpelo hasta pequeños receptores en la lengua y, de ahí, al cerebro.

El origen de la comprensión de Bach-y-Rita de la rehabilitación de que es capaz el cerebro está en la asombrosa recuperación de su padre, el poeta y académico catalán Pedro Bach-y-Rita, después de sufrir un derrame cerebral. En 1959 Pedro, entonces un viudo de 65 años, sufrió un ataque que le paralizó el rostro y la mitad de su cuerpo además de privarle de la facultad de hablar. George, el hermano de Paul y en la actualidad psiquiatra en California, fue informado de que no había esperanzas de que su padre se recuperara y que debería ingresarlo en una residencia. En lugar de ello George, entonces estudiante de Medicina en México, se llevó a su padre paralizado desde Nueva York a vivir con él en México. Primero probó con rehabilitación en el Hospital Británico Americano, que ofrecía únicamente un programa de cuatro semanas de duración, ya que nadie pensaba que el cerebro pudiera beneficiarse de un tratamiento prolongado. Pasadas estas tres semanas el padre no había mejorado lo más mínimo. Seguía sin valerse por sí mismo y había que llevarlo en brazos al cuarto de baño y ducharlo, tareas que George hacía con ayuda de su jardinero. «Afortunadamente era un hombre menudo, de 53 kilos, por lo que podíamos con él», cuenta George.

George no sabía nada de rehabilitación, pero su ignorancia resultó a la larga ser una bendición, porque consiguió romper todas las reglas establecidas inducidas por teorías fatalistas.

«Decidí que en lugar de enseñar a mi padre a caminar, primero iba a enseñarle a gatear. Así que le dije: "Empezaste gateando, así que vas a tener que volver a hacerlo durante un tiempo?" Le compramos rodilleras. Al principio lo pusimos a gatas, pero sus

manos y sus piernas no le sostenían bien, así que fue un poco duro». En cuanto Pedro fue capaz de sostenerse solo, George le hizo gatear con el hombro y el brazo paralizados apoyados a la pared. «Así estuvimos durante meses e incluso practicamos en el jardín, lo que nos trajo problemas con los vecinos, que nos decían que no estaba bien eso de hacer arrastrarse al profesor por el suelo como si fuera un perro. Mi único modelo era la manera en que los bebés aprenden a caminar, así que jugábamos en el suelo, yo hacía rodar canicas y él tenía que atraparlas. O tirábamos monedas y él tenía que intentar cogerlas con la mano derecha, la más débil. Todo lo que intentábamos implicaba transformar experiencias de la vida cotidiana en ejercicios. Por ejemplo, con un barreño, que sujetaba con su mano buena mientras que con la otra —en la que tenía escaso control y sufría continuos espasmos— trazaba circunferencias, 15 minutos en una dirección y 15 en la otra. La circunferencia del barreño le ayudaba a contener la mano mala. Nos marcábamos distintos objetivos, cada uno solapándose con el anterior, y poco a poco fue mejorando. Pasado un tiempo él mismo ayudaba a definir los objetivos. Quería llegar a poder sentarse a la mesa y comer conmigo y con otros estudiantes de Medicina». Dedicaba a los ejercicios muchas horas del día, pero gradualmente Pedro pasó de gatear a desplazarse de rodillas, después a ponerse de pie, y finalmente a caminar.

Pedro luchaba a solas por intentar hablar, y transcurridos tres meses el habla empezó a mostrar indicios de estar volviendo. Después de unos meses quiso probar a volver a escribir. Se sentaba frente a la máquina de escribir son el dedo corazón apoyado en la tecla que deseaba pulsar y después se ayudaba dejando caer el brazo. Una vez lo consiguió pasó a dejar caer sólo la muñeca y, con el tiempo, los dedos, uno a uno. Con el tiempo volvió a escribir con normalidad.

Al cabo de un año la recuperación de Pedro, entonces de 68 años, era suficiente como para que comenzara a dar clases a tiempo completo en el City College de Nueva York. Le encantaba su trabajo y no se jubiló hasta cumplidos los 70. Entonces aceptó un nuevo trabajo de profesor en San Francisco, se volvió a casar y continuó trabajando, practicando senderismo y viajando. Después de su derrame permaneció activo siete años. Cuando se encontraba visitando a unos amigos en Bogotá se fue de escalada y sufrió un nuevo derrame a 2.700 metros de altura y murió poco después, a los 72 años.

Pregunté a George si era consciente de lo inusual de la recuperación de su padre y si creía que ésta se debía a la plasticidad del cerebro.

«Yo sólo lo vi en función de los resultados con papá. Pero Paul, en los años que siguieron, se refería a ello en términos de neuroplasticidad. Pero no desde el primer momento; no fue hasta después de que nuestro padre muriera».

El cadáver de Pedro fue trasladado a San Francisco, donde Paul trabajaba. Era el año 1965 y en esos días, antes de que existiera el escáner cerebral, las autopsias eran un procedimiento rutinario, porque eran la única forma que los médicos tenían de aprender sobre enfermedades cerebrales y de averiguar la causa de la muerte de los pacientes. Paul solicitó a la doctora Mary Jane Aguilar que realizara la autopsia de su padre.

«Pocos días después Mary Jane me llamó y me dijo: "Paul, ven a verme, tengo algo que enseñarte". Cuando llegué al viejo hospital de Stanford allí, esparcidas sobre la mesa, había diapositivas de secciones del cerebro de mi padre».

Paul se quedó sin habla.

«Sentí asco, pero también vi que Mary Jane estaba emocionada, porque las diapositivas mostraban que mi padre había sufrido una enorme lesión con su primer derrame cerebral y que nunca se había curado, aunque recuperó todas esas funciones. Me puse nerviosísimo. Me quedé paralizado. Sólo podía pensar "Mira qué cerebro tan dañado". Y entonces Mary Jane me dijo: "¿Cómo es posible recuperarse de esto?"».

Cuando miró más detenidamente, Paul vio que la lesión de siete años de antigüedad de su padre estaba principalmente localizada en el tronco encefálico —la parte del cerebro más cercana a la espina dorsal— y que los otros grandes centros neurológicos de la corteza encargados de controlar el movimiento habían resultado también destruidos. El 97 por ciento de los nervios que van desde la corteza cerebral a la espina dorsal estaban destrozados, unos daños catastróficos que habían causado la parálisis a su padre.

«Sabía que, de alguna manera, su cerebro se había reorganizado completamente gracias al trabajo con George. No supimos hasta qué punto su recuperación había sido asombrosa hasta ese momento, porque no conocíamos el alcance de su lesión, puesto que en esos días no existía el escáner cerebral. Cuando un paciente se recuperaba asumíamos que la lesión no había sido muy gran-

de. Mary Jane quiso que firmara con ella un artículo que escribió sobre el caso, pero me sentí incapaz».

La historia de su padre era un indicio de primera mano de que una recuperación «tardía» es posible incluso con una lesión de gran alcance y en personas de edad avanzada. Pero tras examinar la lesión y leer la literatura médica sobre el tema, Paul encontró nuevas pruebas de que el cerebro puede reorganizarse y recuperar funciones perdidas tras sufrir derrames agudos, al descubrir que en 1915 un psiquiatra norteamericano llamado Shepherd Ivory Franz había demostrado que pacientes que llevaban paralizados 20 años eran capaces de recuperarse gracias a ejercicios de estimulación cerebral.

La «recuperación tardía» de su padre desencadenó un cambio de rumbo en la vida profesional de Bach-y-Rita. A la edad de 44 años volvió a ejercer la medicina e hizo sendas residencias en neurología y rehabilitación. Sabía que para que los pacientes pudieran recuperarse era necesario motivarles, como George había hecho con su padre, mediante ejercicios que se aproximaran lo más posible a actividades de la vida cotidiana. Así que centró su atención en el tratamiento de derrames cerebrales y, más concretamente, en la «rehabilitación tardía», ayudando a pacientes a superar problemas neurológicos graves sufridos años antes y desarrollando juegos de ordenador para enseñar a pacientes a mover de nuevo los brazos. Y comenzó a integrar sus conocimientos sobre plasticidad en su diseño de los ejercicios. Los ejercicios de rehabilitación tradicionales solían durar unas pocas semanas, una vez que el paciente dejaba de mejorar o «se estacionaba» y los médicos perdían la motivación para continuar trabajando con él. Pero Bach-y-Rita, basándose en sus conocimientos del crecimiento nervioso, comenzó a argumentar que estas situaciones estacionarias eran temporales —parte de un ciclo de aprendizaje basado en la plasticidad— en el que periodos de aprendizaje son seguidos por periodos de consolidación. Aunque en el proceso de consolidación no había progreso *aparente*, internamente se producían cambios biológicos conforme nuevas destrezas se automatizaban y perfeccionaban.

Bach-y-Rita desarrolló un programa para pacientes con los nervios faciales motores dañados que eran incapaces de mover los músculos de la cara y, por tanto, no podían cerrar los ojos, hablar de forma inteligible o expresar emociones, lo que les conver-

tía en una especie de monstruos autómatas. Lo que hizo Bach-y-Rita fue conectar quirúrgicamente uno de los nervios «sobrantes» que normalmente van a la lengua a los músculos faciales de un paciente. Entonces desarrolló un programa de ejercicios mentales para entrenar el «nervio de la lengua» (en particular la zona del cerebro que lo controla) para que actuara como nervio facial. Con este procedimiento los pacientes aprendieron a expresar emociones con el rostro normalmente, a hablar y a cerrar los ojos, un ejemplo más de la habilidad de Bach-y-Rita para «conectar cualquier cosa a cualquier cosa».

Treinta y tres años después del artículo de Bach-y-Rita en la revista *Nature*, los científicos que emplean la versión moderna y de menor tamaño de la máquina de visión táctil han realizado escáneres cerebrales a sus pacientes y han confirmado que las imágenes táctiles que llegan al cerebro de los pacientes a través de la lengua son efectivamente procesadas en la corteza cerebral visual.

Toda duda razonable de que los sentidos pueden reconducirse se disipó a raíz de uno de los experimentos sobre plasticidad más asombrosos de nuestro tiempo. En él se recondujeron, no las vías del tacto y la visión, como había hecho Bach-y-Rita, sino las del oído y la visión. Literalmente Mriganka Sur, un neurocientífico, recondujo quirúrgicamente el cerebro de un cachorro de hurón. Por regla general los nervios ópticos van de los ojos a la corteza visual, pero Sur redirigió mediante una intervención quirúrgica los nervios ópticos de la corteza visual a la auditiva y con ello el animal aprendió a ver. Por medio de la inserción de electrodos en el cerebro del hurón, Sur demostró que cuando el hurón veía, las neuronas de su corteza auditiva se ocupaban de procesar las imágenes. La corteza auditiva, que es tan plástica como Bach-y-Rita había imaginado, se había reorganizado de forma que ahora tenía la estructura de la corteza visual. Aunque los hurones que fueron sometidos a esta cirugía no recuperaron la visión 20/20 (considerada normal), si recuperaron una tercera parte, o incluso dos terceras partes (20/60), algo similar a algunas personas que llevan gafas.

Hasta hace bien poco transformaciones como ésta resultaban inexplicables. Pero Bach-y-Rita, al demostrar que nuestro cerebro es más flexible que lo que el localizacionismo admite, ha contribuido a formar una visión más exacta del cerebro que contempla la plausibilidad de dichas transformaciones. Antes de sus trabajos, re-

sultaba aceptable afirmar, como hacían la mayoría de los neurocientíficos, que tenemos una «corteza visual» situada en el lóbulo occipital que se encarga de procesar la vista. Gracias a Bach-y-Rita ahora sabemos que el asunto es más complejo y que estas áreas del cerebro son procesadores plásticos conectados unos con otros y capaces de procesar una cantidad inesperada de información.

Cheryl no ha sido la única beneficiaria del extraño casco de Bach-y-Rita. Su equipo lo ha empleado para tratar a 50 pacientes más y mejorar su sentido del equilibrio y su facultad de caminar. Algunos presentaban las mismas lesiones que Cheryl; otros habían sufrido traumatismo cerebral, o derrames cerebrales o tenían la enfermedad de Parkinson.

La importancia de los trabajos de Bach-y-Rita reside en que fue el primero de la generación de neurocientíficos a la que pertenece en entender que el cerebro es plástico y en poner en práctica este conocimiento para paliar el sufrimiento humano. Su trabajo lleva implícita la idea de que todos hemos nacido con un cerebro más adaptable, multifuncional y oportunista de lo que creíamos.

Cuando el cerebro de Cheryl desarrolló un nuevo sentido vestibular —o cuando los cerebros de invidentes desarrollaron nuevas vías para identificar objetos, perspectiva o movimiento— estos cambios no fueron la misteriosa excepción a la regla sino la regla misma: la corteza sensorial es plástica y adaptable. Cuando el cerebro de Cheryl aprendió a reaccionar al receptor artificial que reemplazaba el suyo, dañado, no estaba haciendo nada fuera de lo común. Recientemente el trabajo de Bach-y-Rita ha inspirado al científico cognitivo Andy Clark a argumentar con perspicacia que los humanos somos «por naturaleza, cyborgs» o, lo que es lo mismo, que la plasticidad cerebral nos permite conectarnos a máquinas tales como ordenadores u otras herramientas electrónicas de forma bastante natural. Pero nuestro cerebro también se reestructura a sí mismo como respuesta a información procedente de herramientas más sencillas, tales como el bastón de un invidente. La plasticidad ha sido, después de todo, una propiedad inherente al cerebro desde tiempos prehistóricos. El cerebro es un sistema mucho más abierto de lo que nunca imaginamos y la naturaleza ha ido muy lejos a la hora de ayudarnos a percibir y asimilar el mundo que nos rodea. Nos ha dado un cerebro que sobrevive en un mundo cambiante cambiándose a sí mismo.

II

Fabricarse un cerebro mejor

Una mujer calificada de «retrasada» descubre cómo curarse a sí misma

Los neurocientíficos que hacen descubrimientos importantes son a menudo dueños de cerebros extraordinarios que trabajan con personas cuyos cerebros están dañados. Es poco usual que la persona que hace un descubrimiento importante sea la que sufre el daño, pero hay excepciones y Barbara Arrowsmith Young es una de ellas.

«Asimetría» es la palabra que mejor define la mente de Barbara cuando aún era una colegiala. Nacida en Toronto en 1951 y educada en Peterborough, Ontario, Barbara fue una niña sobresaliente en muchos aspectos: su memoria visual y auditiva tenía un percentil de 99. Sus lóbulos frontales estaban notablemente desarrollados, lo que la dotaba de una determinación especial, pero su cerebro era «asimétrico», lo que significa que estas habilidades excepcionales coexistían con áreas de retraso mental.

Esta asimetría había dejado también su impronta en el cuerpo de Barbara. Su madre solía bromear al respecto: «El ginecólogo debió de sacarte tirando de la pierna derecha», que era más larga que la izquierda, lo que le causaba un desplazamiento de la pelvis. No podía estirar el brazo derecho y el lado derecho de su cuerpo era mayor que el izquierdo, su ojo izquierdo menos alerta que el derecho. Su columna era asimétrica y estaba desviada por una escoliosis.

Barbara tenía una sorprendente variedad de graves problemas de aprendizaje. El área de su cerebro donde está localizada el habla, el área de Broca, no le funcionaba con normalidad, por lo que le costaba trabajo pronunciar correctamente. Tampoco tenía la

facultad de razonamiento espacial. Cuando queremos que nuestro cuerpo se desplace en el espacio empleamos el razonamiento espacial para construir una vía imaginaria en nuestra cabeza antes de empezar a movernos. El razonamiento espacial es importante para un bebé que empieza a gatear, para un dentista que tiene que empastar una muela o un jugador de hockey a la hora de planear sus jugadas. Un día, cuando Barbara tenía 3 años, decidió jugar a torear. Ella era el toro y el coche aparcado frente a su casa la capa del torero. Entonces embistió, pensando que podría echarse a un lado y esquivar el obstáculo, pero calculó mal el espacio y se estampó contra el coche, abriéndose la cabeza. Su madre declaró entonces que sería un milagro que Barbara lograra sobrevivir otro año más.

El razonamiento espacial es también necesario para dibujar un mapa mental de dónde están las cosas; lo empleamos para organizar nuestra mesa de trabajo o para recordar dónde hemos dejado las llaves. Barbara perdía todo. Al no tener un mapa mental de la situación de los objetos en el espacio, algo que estaba fuera de su vista estaba literalmente fuera de su mente, así que se convirtió en una «persona de montones», ya que estaba obligada a tener siempre todo lo necesario para jugar o para trabajar apilado frente a ella, con los armarios y los cajones siempre abiertos. En la calle se perdía todo el tiempo.

También tenía un problema «cinestésico». La percepción cinestésica nos permite ser conscientes de dónde están nuestros cuerpos o nuestras articulaciones en el espacio y nos permite controlar y coordinar nuestros movimientos. También nos ayuda a reconocer objetos por el tacto. Pero Barbara no era nunca capaz de saber si su pierna o brazo derechos se habían desplazado. Aunque interiormente Barbara era un prodigio, su aspecto exterior era el de una persona torpe. Era incapaz de sostener un vaso de zumo con la mano izquierda sin derramarlo, a menudo se tropezaba y caía y las escaleras le resultaban una trampa traicionera. También tenía mermado el sentido del tacto en el lado izquierdo de su cuerpo y a menudo se hacía moratones. Cuando por fin aprendió a conducir, el costado izquierdo del coche estaba continuamente lleno de golpes.

También tenía una minusvalía visual. Su rango de visión era tan estrecho que cuando miraba una página escrita sólo era capaz de leer unas cuantas letras de una vez.

Pero éstos no eran sus problemas más graves. Puesto que la parte de su cerebro que se ocupa de entender las relaciones entre símbolos no funcionaba correctamente, tenía problemas a la hora de comprender gramática, conceptos matemáticos, lógica y la relación entre causa y efecto. Era incapaz de distinguir entre «el hermano del padre» y «el padre del hermano». La doble negación era para ella un concepto imposible de descifrar. Tampoco podía leer la hora en un reloj porque no entendía la relación entre las manecillas. Literalmente era incapaz de distinguir su mano derecha de la izquierda, no sólo porque carecía de mapa espacial, sino porque no podía entender la relación entre «derecha» e «izquierda». Sólo mediante un esfuerzo mental extraordinario y la repetición constante pudo aprender a relacionar unos símbolos con otros.

Confundía la *b* con la *d*, la *p* con la *q*; leía «was» (fue) como «saw» (vio) y escribía y leía de derecha a izquierda, un trastorno de aprendizaje llamado «escritura de espejo». Era diestra, pero como escribía de derecha a izquierda emborronaba siempre el papel y sus profesores lo achacaban a que era una niña díscola. Como era disléxica, cometía constantes errores al leer que le causaron más de un disgusto. En una ocasión su hermano guardó ácido sulfúrico para sus experimentos de ciencias en el frasco de gotas nasales de Barbara y cuando ésta fue a usarlo porque estaba acatarrada leyó mal la nueva etiqueta. Echada en la cama con la nariz llena de ácido sulfúrico, se sintió demasiado avergonzada como para contarle a su madre lo que había ocurrido.

Incapaz de comprender la relación causa-efecto, se comportaba de forma extraña en situaciones sociales, ya que no podía conectar su comportamiento con las consecuencias. En la escuela infantil no entendía por qué, si sus hermanos iban al mismo colegio que ella, no podía abandonar su clase e ir a visitarlos cada vez que quería. Era capaz de memorizar procedimientos pero no de asimilar conceptos matemáticos. Sabía que cinco por cinco son veinticinco, pero no entendía por qué. Sus profesores le ponían deberes extra y su padre pasó horas dándole clases particulares sin obtener resultados. Su madre le enseñaba tarjetas con problemas matemáticos simples pero, como Barbara era incapaz de resolverlos, descubrió que podía sentarse en un lugar donde el sol volvía las tarjetas transparentes de forma que podía leer las respuestas en la parte posterior. Pero estos recursos, lejos de solucionar el problema, no hacían más que agudizarlo.

Desesperada por mejorar, logró graduarse en la escuela elemental memorizando datos a las horas de comer y en casa por las tardes. En el instituto su rendimiento fue extremadamente irregular. Aprendió a emplear su memoria para suplir sus deficiencias y, con la práctica, llegó a ser capaz de memorizar páginas y páginas de datos. Antes de los exámenes solía rezar para que fueran tipo test, pues entonces sabía que sacaría un 10; pero si se basaban en relacionar conocimientos entonces lo más probable era que suspendiera.

Barbara no comprendía las cosas en tiempo real, sino una vez habían ocurrido, es decir, con efecto retardado. Y puesto que no entendía lo que ocurría a su alrededor, pasaba horas recordando el pasado, tratando de unir unos fragmentos con otros hasta que resultaran comprensibles. Tenía que revivir en su cabeza conversaciones sencillas, diálogos de películas y letras de canciones veinte veces porque, para cuando había llegado al final de la frase, ya había olvidado el significado del principio.

Su desarrollo emocional se resintió ya que, al tener problemas con el razonamiento lógico no detectaba las inconsistencias en los discursos de los charlatanes, así que nunca estaba segura de quién podía fiarse. Hacer amigos también le resultaba complicado y era incapaz de mantener más de una relación al mismo tiempo.

Pero lo que más le obsesionaba era la duda crónica y la incertidumbre que sentía ante todo; en todas partes intuía que había significado pero no podía verificarlo. Su lema era «No lo pillo» y se decía a sí misma «Vivo en una niebla y el mundo es tan espeso como el algodón de azúcar». Al igual que muchos niños con graves problemas de aprendizaje, empezó a pensar que estaba loca.

Barbara creció en un momento donde existían pocos recursos para ayudarla.

«En la década de 1950, en una ciudad pequeña como Peterborough, no se hablaba de estas cosas», me cuenta, «la actitud era: o puedes hacerlo o no. No existían profesores de apoyo, ni visitas a especialistas o a psicólogos. El término "problemas de aprendizaje" no se emplearía de forma generalizada hasta dos décadas después. Mi profesora de primer curso dijo a mis padres que yo tenía un "bloqueo mental" y que no podría aprender de la misma for-

ma que el resto de los alumnos. Eso fue lo más específico que me diagnosticaron. O bien eras inteligente, del montón, lento o retrasado mental».

Si eras retrasado mental entonces te ponían en las llamadas «clases especiales». Pero ése no era lugar para una niña de memoria brillante que sacaba sobresalientes en tests de vocabulario. El amigo de infancia de Barbara, Donald Frost, hoy escultor, nos dice: «Estaba bajo una presión académica increíble. Todos los miembros de la familia Young eran brillantes. Su padre, Jack, era ingeniero electrónico e inventor de 34 patentes para la Canadian General Electric. Si conseguías arrancarle de su libro para sentarse a cenar era un milagro. Su madre, Mary, tenía la actitud de: «Lo conseguirás; no hay duda» y «si tienes un problema, soluciónalo». «Barbara siempre fue muy sensible, cálida y afectuosa», continúa Frost, «pero sabía disimular muy bien sus problemas. Todo era secretismo. En los años de la posguerra había un sentimiento colectivo de integridad que implicaba que nadie debía llamar la atención sobre sus minusvalías».

Barbara se decidió a estudiar desarrollo infantil con la esperanza de, alguna manera, salir adelante por sí misma. Cuando estudiaba en la Universidad de Guelph, sus disparidades mentales se hicieron de nuevo evidentes, pero por fortuna sus profesores vieron que poseía una capacidad notable para detectar mensajes no verbales durante las clases de observación infantil en el laboratorio, y le pidieron que impartiera ella el curso. Barbara pensó que debía deberse a algún error. Entonces la admitieron en la escuela de posgrado en el Ontario Institute for Estudies in Education (OISE, Instituto de Estudios de ciencias de la Educación). A la mayoría de los estudiantes les bastaba leer los artículos una o dos veces, pero, cómo no, Barbara tenía que hacerlo al menos veinte junto con su correspondiente bibliografía antes de entender lo que decían. Sobrevivía durmiendo cuatro horas cada noche.

Puesto que Barbara era tan brillante en muchos aspectos y parecía dotada para la observación del comportamiento infantil, a sus profesores les costaba creer que fuera minusválida mental. Fue Joshua Cohen, otro estudiante con talento pero también minusválido de OISE quien primero comprendió lo que le ocurría. Tenía una consulta para niños con problemas de aprendizaje en la que ponía en práctica los clásicos tratamientos de «compensación», basados en la teoría comúnmente aceptada de que una vez las células del cerebro mueren o cesan de desarrollarse no pueden ser restituidas.

Los tratamientos de compensación se limitan a trabajar sobre el problema. Las personas con dificultades auditivas escuchan cintas; aquellas consideradas «lentas» reciben tiempo extra para completar los tests y a los que tienen problemas para comprender un texto se les enseña a marcar con diferentes colores los puntos principales. Joshua diseñó un programa de compensación para Barbara, pero ésta encontraba que le llevaba demasiado tiempo. Además, su tesis doctoral, un estudio sobre niños con dificultades de aprendizaje tratados con programas de compensación en la clínica de OISE, demostraba que la mayoría de ellos no experimentaba mejoría alguna. Y ella misma tenía tantas deficiencias que en ocasiones le resultaba difícil conseguir encontrar funciones mentales sanas que compensaran a las deficitarias. Puesto que había tenido tanto éxito a la hora de potenciar su memoria, le dijo a Joshua que pensaba que debía de haber otro camino.

Un día Joshua le sugirió que echara un vistazo a algunos de los libros de Aleksandr Luria que él mismo había leído. Barbara se puso manos a la obra, repasando una y otra vez los pasajes más difíciles, en especial uno del libro *Basic Problems of Neurolinguistics*, sobre personas que habían sufrido derrames cerebrales o lesiones en la cabeza a raíz de los cuales tenían problemas con la gramática, la lógica y lectura de las manecillas del reloj. Luria, nacido en 1902, creció en la Rusia de la Revolución. Le interesaba profundamente el psicoanálisis, mantuvo correspondencia con Freud y escribió artículos sobre la técnica psicoanalítica de la libre asociación de ideas, en la que los pacientes dicen lo primero que se les viene a la cabeza. Su objetivo era desarrollar métodos objetivos que sirvieran para evaluar las ideas freudianas. Con poco más de 20 años, inventó el prototipo del detector de mentiras y cuando comenzaron las grandes purgas estalinistas y el psicoanálisis se convirtió en *scientia non grata*, fue denunciado ante las autoridades. Entonces hizo una retractación pública en la que admitió que había cometido ciertos «errores ideológicos»; a continuación, y para desaparecer de la vida pública, ingresó en la facultad de Medicina.

Pero el psicoanálisis no había dejado de interesarle. Sin llamar la atención sobre sus trabajos, se dedicó a integrar aspectos del método psicoanalítico y psicológico con la neurología, convirtiéndose así en el fundador de la neuropsicología. Sus historias médicas, en lugar de breves apuntes centrados en los síntomas, son verdaderas

descripciones de los pacientes. Tal y como escribió Oliver Sacks: «Los historiales médicos de Luria son sólo comparables a los de Freud en cuanto a precisión, vitalidad, riqueza y profundidad de detalle». Uno de sus libros, *El hombre con su mundo destrozado*, era en realidad el resumen del caso de un paciente con una enfermedad muy peculiar.

A finales de mayo de 1943 el camarada Lyova Zazetsky, un hombre con aspecto de niño, se presentó en el despacho de Luria en la clínica de rehabilitación donde éste trabajaba. Zazetsky era un joven teniente ruso que había resultado herido recientemente en la batalla de Smolensk, donde el ejército ruso, pobremente equipado, había sido enviado a combatir contra la gigantesca maquinaria de guerra nazi. Zazetsky había recibido un balazo en la cabeza que le había producido extensos daños en la mitad izquierda del cerebro y, durante mucho tiempo, había permanecido en coma. Cuando se despertó presentaba síntomas de lo más desconcertantes. Parte de la metralla se había alojado en el área del cerebro que se ocupa de entender la relación entre símbolos, y ya no era capaz de comprender la lógica, la relación causa-efecto o las coordenadas espaciales. No podía distinguir la derecha de la izquierda ni los elementos de la gramática que tienen que ver con las relaciones. Preposiciones y adverbios como en, entre, fuera, antes, después o sin carecían de sentido para él. Podía entender una palabra, una frase o incluso recordar algo de memoria porque ninguna de esas tareas implicaba relacionar símbolos. Tan sólo percibía pequeños fragmentos. Y sin embargo sus lóbulos frontales —que le permitían distinguir la información relevante a la hora de planear una estrategia o fijarse una meta e intentar conseguirla— estaban ilesos, así que conservaba la capacidad de identificar sus deficiencias así como el deseo de superarlas. Aunque no podía leer, que es en gran medida una actividad perceptiva, sí podía escribir, porque es una actividad intencional. Así, empezó un pequeño diario que llamó *Seguiré luchando* y que alcanzó las 3.000 páginas. «Me mataron el 3 de marzo de 1943», escribió, «pero gracias a alguna fuerza vital alojada en mi organismo, he seguido vivo milagrosamente». Durante más de treinta años Luria le observó y reflexionó sobre la forma en que la lesión de Zazetsky había afectado su actividad mental y fue testigo de su lucha incansable por «vivir, no sólo existir».

Al leer el diario de Zazetsky Barbara pensó: «Está describiendo mi vida».

«Yo sabía lo que significaban las palabras "madre" e "hija", pero no la expresión "la hija de la madre"», escribió Zazetsky. «Las expresiones "la hija de la madre" y "la madre de la hija" me sonaban exactamente igual. También tenía problemas con expresiones como "¿es un elefante más grande que una mosca?" y sólo alcanzaba a comprender que una mosca es pequeña y un elefante, grande, pero no entendía la expresión "más grande que"».

En una ocasión, mientras veía una película, Zazetsky escribió: «Antes de que me dé tiempo a entender lo que dicen los actores ¡se acaba la escena y empieza otra distinta!».

Luria comenzó a entender dónde residía el problema. La bala de Zazetsky se había alojado en el hemisferio izquierdo, en la intersección de tres grandes áreas perceptoras donde el lóbulo temporal (que normalmente procesa el sonido y el lenguaje), y el parietal (encargado de procesar las relaciones espaciales y de integrar la información procedente de los sentidos) se encuentran. En esta intersección es donde se reúne y se asocia la información procedente de esas tres áreas. Aunque Zazetsky percibía con normalidad, Luria se dio cuenta de que no era capaz de relacionar las distintas percepciones, o partes, hasta formar un todo. Y, lo que era más importante, tenía grandes dificultades a la hora de relacionar unos símbolos con otros, algo que normalmente hacemos cuando pensamos con palabras. Por eso Zazetsky a menudo se expresaba con las palabras equivocadas. Era como si no dispusiera de una red lo suficientemente grande como para atrapar y retener las palabras y sus significados, y a menudo era incapaz de relacionar las palabras con sus significados o definiciones. Vivía a base de fragmentos y escribió: «Estoy siempre como perdido en la niebla... Todo lo que pasa por mi mente son imágenes... visiones borrosas que aparecen súbitamente y después desaparecen... Sencillamente no puedo entender o recordar lo que significan».

Por primera vez Barbara comprendió que la deficiencia de su cerebro tenía un nombre. Pero Luria no le daba lo que ella necesitaba: un tratamiento. Cuando se dio cuenta de hasta qué punto tenía una minusvalía, se sintió aún más agotada y deprimida y pensó que no podría seguir adelante. Mientras esperaba en el andén a que llegara el metro, sus ojos buscaban un lugar desde el cual saltar y recibir el máximo impacto.

Fue en este momento de su vida, cuando contaba 28 años y seguía en la universidad, cuando llegó a sus manos un artículo. Mark

Rosenzweig, de la Universidad de California, en Berkeley, había estudiado a ratas en entornos estimulantes y no estimulantes y, en el curso de las autopsias había descubierto que los cerebros de las ratas estimuladas tenían más neurotransmisores, eran más pesados, y presentaban mejor riego sanguíneo que aquellas procedentes de entornos menos estimulantes. Fue uno de los primeros científicos que probó la neuroplasticidad demostrando que la actividad puede generar cambios en la estructura cerebral.

Para Barbara fue como si la hubiera alcanzado un rayo. Rosenzweig había probado que el cerebro podía ser modificado. Aunque muchos lo ponían en duda, para ella esto significaba que la compensación podía no ser la única solución. Su auténtico logro sería aunar las investigaciones de Luria y de Rosenzweig.

Se aisló y comenzó a trabajar semana tras semana hasta la extenuación —descansando sólo para dormir unas pocas horas— en ejercicios mentales diseñados por ella misma, aunque no tenía garantías de que fueran a llevarla a ninguna parte. En lugar de practicar compensación se dedicó a ejercitar su función más debilitada, relacionando unos símbolos con otros. Uno de los ejercicios consistía en leer centenares de tarjetas en las que se representaban relojes con distintas horas. Joshua Cohen le escribió la respuesta correcta en la parte trasera de las tarjetas y las barajaba de manera que Barbara no pudiera memorizarlas. Entonces sacaba una carta, intentaba leer la hora, comprobaba la respuesta y pasaba a la tarjeta siguiente lo más rápido que podía. Cuando no acertaba pasaba horas con un reloj de verdad moviendo lentamente las manecillas intentando entender por qué, a las 14.45, la manecilla de las horas estaba a un cuarto de las tres.

Cuando comenzó a acertar con las respuestas añadió manecillas para los segundos y para la sexagésima parte de un segundo. Al cabo de muchas y agotadoras semanas no sólo podía leer la hora más rápidamente que las personas normales, sino que notó mejoría en otras dificultades relacionadas con símbolos y empezó, por primera vez, a entender conceptos de gramática, matemáticas y lógica. Y, lo que resultaba más importante, era capaz de comprender lo que la gente decía en el momento en que lo decía. Por primera vez en toda su vida empezaba a vivir en tiempo real.

Espoleada por su primer éxito, diseñó nuevos ejercicios para sus otras minusvalías —sus dificultades espaciales, visuales y sus problemas para saber dónde tenía los brazos y las piernas— y consiguió mejorarlas hasta alcanzar el nivel de una persona normal.

Barbara y Joshua Cohen se casaron, y en 1980 abrieron la Escuela Arrowsmith en Toronto. Juntos se dedicaron a la investigación y Barbara continuó desarrollando ejercicios mentales y dirigiendo la escuela. Con el tiempo se separaron y Joshua murió en 2000.

Puesto que muy pocas personas entonces sabían de o aceptaba la neuroplasticidad o creían que el cerebro podía ejercitarse como si fuera un músculo, le resultaba difícil encontrar un contexto en el que su trabajo fuera apreciado. Algunos críticos consideraban que sus teorías —es decir, que las dificultades de aprendizaje pueden tratarse— carecían de fundamento, pero Barbara, lejos de desanimarse, continuó diseñando ejercicios para las áreas y funciones del cerebro generalmente más debilitadas en las personas con dificultades de aprendizaje. En aquellos años anteriores a los escáneres cerebrales de alta tecnología, Barbara se apoyaba en los trabajos de Luria para intentar comprender qué áreas del cerebro procesaban qué funciones. Luria había dibujado su propio mapa del cerebro trabajando con pacientes como Zazetsky observando dónde el cerebro del soldado había resultado dañado por la metralla y relacionando dicha ubicación con las funciones mentales perdidas. Barbara descubrió que las dificultades de aprendizaje eran a menudo versiones suavizadas de los déficits mentales que Luria había observado en sus pacientes.

Los candidatos al Arrowsmith School —adultos y niños por igual— tienen que someterse a 40 horas de evaluaciones pensadas para determinar con precisión cuáles de sus funciones cerebrales están debilitadas y si pueden mejorarse. Los alumnos que son admitidos, muchos de los cuales tenían un rendimiento escolar bajo en sus colegios anteriores, trabajan ahora tranquilamente frente a sus ordenadores. Algunos de ellos, a los que han diagnosticado déficit de atención además de dificultades de aprendizaje, tomaban Ritalin [un medicamento empleado para tratar la hiperactividad o los déficits de atención en niños] cuando entraron en la escuela. Conforme progresan con sus ejercicios algunos pueden dejar la medicación, ya que sus problemas de atención se vuelven secundarios frente a sus trastornos de aprendizaje.

En la escuela niños que, como Barbara, eran incapaces de leer la hora en un reloj trabajan ahora con ejercicios en el ordenador leyendo relojes de hasta diez manecillas (no sólo para los minutos, las horas y los segundos, sino también para otras divisiones temporales como días, meses y años) en pocos segundos. Están sen-

tados en silencio, intensamente concentrados, hasta que completan en número de respuestas suficiente como para pasar al siguiente nivel, cuando dejan escapar un «¡sí!» entusiasta y la pantalla de sus ordenadores parpadea a modo de felicitación. Para cuando han terminado su entrenamiento son capaces de leer relojes mucho más complejos que aquellos que una persona «normal» puede interpretar.

En otras mesas hay niños estudiando los alfabetos urdu y persa para fortalecer su memoria visual. Las formas de estas letras les son desconocidas y el ejercicio mental requiere que estos estudiantes las reconozcan con gran rapidez.

Otros niños parecen pequeños piratas, con el ojo izquierdo cubierto por un parche y dibujando aplicados líneas intricadas y retorcidas y caracteres chinos. El parche en un ojo obliga al otro a absorber más información y a enviarla a la zona del cerebro donde reside el problema. La mayoría de estos niños llega con tres problemas relacionados entre sí: dificultad para hablar de manera comprensible y fluida, para escribir con buena letra y para leer. Barbara, siguiendo las enseñanzas de Luria, cree que estas tres dificultades están causadas por debilidad en la función cerebral que normalmente nos permite coordinar y enlazar una serie de movimientos cuando realizamos estas tareas.

Cuando hablamos nuestro cerebro convierte una secuencia de símbolos —las letras y las palabras de nuestros pensamientos— en una secuencia de movimientos realizados por los músculos de la lengua y de los labios. Barbara cree, de nuevo siguiendo a Luria, que la zona del cerebro que enlaza estos movimientos es la corteza premotora izquierda. En su escuela conocí a varios alumnos con una deficiencia en esta función. Uno de ellos era un niño que se sentía siempre frustrado porque sus pensamientos iban siempre más rápido que su capacidad de expresarlos en palabras y a menudo omitía trozos de información o tenía dificultades a la hora de encontrar las palabras adecuadas. Era un muchacho muy sociable y sin embargo no podía expresarse y por tanto permanecía callado grandes intervalos de tiempo. Cuando en clase le hacían una pregunta a menudo conocía la respuesta pero le llevaba tanto tiempo expresarla que parecía mucho menos inteligente de lo que en realidad era y empezó a dudar de sí mismo.

Cuando escribimos, en cambio, nuestro cerebro convierte las palabras —que son símbolos— en movimientos de los dedos y de

la mano. Este mismo muchacho tenía una caligrafía muy irregular, porque su capacidad de procesar los símbolos y transformarlos en movimientos se sobrecargaba enseguida, y a menudo tenía que escribir con movimientos cortos y separados unos de otros en lugar de largos y fluidos. Aunque le habían enseñado a escribir seguido, prefería hacerlo en mayúsculas, ya que así podía escribir cada letra por separado y con unos cuantos movimientos cortos. En cambio, cuando escribimos seguido el cerebro debe procesar movimientos más complejos. Escribir era una tarea especialmente dolorosa para este chico, ya que aunque a menudo conocía las respuestas a las preguntas, ponerlas en el papel le llevaba tanto tiempo que nunca conseguía terminarlas todas. O a lo mejor pensaba en una palabra, una letra o una cifra pero luego escribía otra distinta. A estos niños a menudo se les acusa de ser descuidados, pero en realidad lo que les ocurre es que sus cerebros no transmiten a sus músculos las órdenes apropiadas. Este tipo de estudiantes también presenta problemas para leer. Normalmente, cuando hacemos esta actividad, el cerebro lee parte de una frase y a continuación ordena a los ojos que se desplacen a la distancia necesaria para leer la continuación, en una secuencia muy precisa. Pero la lectura de este chico era extremadamente lenta porque se saltaba palabras, le costaba saber por dónde iba y perdía la concentración. Para él la lectura era algo abrumador y extenuante. En los exámenes a menudo leía mal las preguntas y cuando repasaba sus respuestas era habitual que se saltara párrafos enteros.

En la escuela Arrowsmith los ejercicios mentales del muchacho incluían el seguimiento de líneas complejas para estimular sus neuronas en el área premotora debilitada. Barbara ha comprobado que ejercicios de seguimiento mejoran las tres destrezas: la oral, la escrita y la lectora. Para cuando este muchacho se graduó, era capaz de leer por placer, hablaba de forma más espontánea con frases más largas y complejas y su caligrafía había mejorado.

En la escuela algunos alumnos escuchan CD y memorizan poemas para mejorar su memoria auditiva. Estos niños a menudo olvidan instrucciones y son considerados irresponsables o perezosos, cuando en realidad tienen un problema cerebral. Mientras que una persona normal es capaz de memorizar siete elementos que no guardan relación entre sí (tales como un número de teléfono de siete dígitos), estas personas sólo recuerdan dos o tres. Algunos toman apuntes de forma compulsiva para no olvidarse de las cosas. Los ca-

sos más graves son incapaces de seguir la letra de una canción del principio al final y terminan con tal sobrecarga que tienen que dejar de cantar. Otros tienen dificultad para recordar no sólo el lenguaje hablado sino incluso sus propios pensamientos, ya que pensar con palabras es una actividad lenta para ellos. Esta deficiencia puede tratarse con ejercicios de memorización.

Barbara también ha desarrollado ejercicios mentales para niños que son socialmente torpes, porque tienen debilitada la función mental que permite interpretar mensajes no verbales. Otros ejercicios están destinados a aquellos con deficiencias en el lóbulo frontal o que son impulsivos, o incapaces de planificar sus actos, desarrollar estrategias, distinguir la información relevante de la que no lo es, marcarse objetivos y atenerse a ellos. A menudo parecen personas desorganizadas y desconcentradas, incapaces de aprender de sus propios errores. Barbara cree que muchas personas calificadas de «histéricas» o «antisociales» presentan deficiencias en esta área cerebral.

Los ejercicios mentales cambian la vida de muchas personas. Un licenciado estadounidense me contó que cuando llegó a esta escuela a los 13 años sus destrezas lectora y matemática eran de tercero de primaria. Después de someterse a tests neuropsicológicos en la Universidad de Tufts, le comunicaron que nunca mejoraría. Su madre había probado a matricularle en distintos centros para estudiantes de trastornos de aprendizaje, pero ninguno había servido de nada. Después de tres años en Arrowsmith, leía y resolvía problemas matemáticos con la destreza propia de su edad. Ahora se ha licenciado en la universidad y trabaja como inversor. Otro estudiante llegó a Arrowsmith a los 16 años con un nivel de lectura de primer curso. Sus padres, profesores ambos, habían probado con todas las técnicas de compensación. Después de 14 meses en Arrowsmith lee con una destreza de séptimo curso.

Todos tenemos una función cerebral especialmente débil y las técnicas basadas en la neuroplasticidad han demostrado tener un gran potencial para ser útiles a casi todo el mundo. Nuestros puntos débiles pueden afectar en gran medida nuestro rendimiento profesional, puesto que la mayoría de los trabajos requieren utilizar múltiples funciones mentales. Barbara usó ejercicios mentales para ayudar a un artista de talento que tenía una extrema habilidad para dibujar y un gran sentido del color pero escasa capacidad

para distinguir la formas de los objetos (la capacidad de identificar formas depende de una función cerebral muy distinta de las requeridas para dibujar o distinguir colores; es la misma que permite a algunas personas ser invencibles jugando a ¿Dónde está Wally? Las mujeres suelen ser mejores en ello que los hombres, por la misma razón que a éstos siempre les cuesta encontrar cosas en la nevera).

Barbara también ayudó a un abogado, un joven prometedor que, debido a una deficiencia en el área de Broca, se expresaba muy mal en los tribunales. Puesto que tener que dedicar esfuerzo extra a compensar un área cerebral debilitada exige desviar recursos de las otras, más fuertes, una persona con déficit en el área de Broca también puede tener dificultad para pensar mientras habla. Después de practicar ejercicios mentales enfocados al área de Broca, el abogado pudo emprender una brillante carrera en los tribunales.

El enfoque Arrowsmith y el empleo de ejercicios mentales en general tienen grandes repercusiones en la educación. Es evidente que muchos niños se beneficiarán de una evaluación de sus destrezas basada en las áreas del cerebro para identificar aquellas más débiles y diseñando un programa para fortalecerlas, un enfoque mucho más productivo que otro limitado únicamente a repetir una lección y que conduce siempre a la misma frustración. Cuando los «eslabones débiles de la cadena» se fortalecen, las personas adquieren destrezas cuyo desarrollo antes estaba bloqueado, y se sienten enormemente liberadas. Un paciente mío, antes de hacer ejercicios mentales, tenía la sensación de que tenía inteligencia, pero era incapaz de aprovecharla. Durante mucho tiempo pensé, equivocadamente, que sus problemas se basaban sobre todo en conflictos psicológicos, tales como el miedo a ser competitivo o a conflictos soterrados sobre ser mejor que sus padres y hermanos. Estos conflictos sí existían y le impedían progresar, pero llegué a la conclusión de que su problema para aprender —o, mejor dicho, su resistencia a aprender— se basaba sobre todo en años de frustración y en un muy legítimo miedo al fracaso basado en las limitaciones de su cerebro. Una vez se liberó de sus dificultades gracias a los ejercicios Arrowsmith, su amor innato por saber emergió en toda su fuerza.

La ironía de este nuevo descubrimiento es que durante cientos de años los educadores han tenido la impresión de que los ce-

rebros de los niños tenían que construirse por medio de ejercicios de dificultad gradual que servían para fortalecer las funciones mentales. Durante el siglo XIX y principios del XX la educación clásica a menudo incluía la memorización mecánica de largos poemas en lenguas extranjeras, que fortalecían la memoria auditiva (y por tanto el pensar mediante lenguaje) y se otorgaba una casi obsesiva atención a la caligrafía, lo que probablemente servía para reforzar las habilidades motoras y por tanto no sólo ayudaba a escribir mejor, sino a mejorar la rapidez y la fluidez en la lectura y la escritura. A menudo se daba gran importancia a una elocución buena y a perfeccionar la pronunciación. Pero entonces, en la década de 1960, los educadores abandonaron estas prácticas tradicionales del currículo por considerarlas demasiado rígidas, aburridas y «de escasa relevancia». Pero esta eliminación ha resultado cara, puesto que es posible que fueran la única oportunidad para muchos estudiantes de ejercitar de forma sistemática la función cerebral que nos da fluidez en el manejo de símbolos. Para el resto de nosotros, su desaparición ha podido muy bien contribuir al declive general de la elocuencia, que requiere memoria y un nivel de poder auditivo que en la actualidad nos es desconocido. En los debates entre Lincoln y Douglas de 1858 los oradores hablaban tranquilamente durante una hora o más sin recurrir a notas, y repetían extensos párrafos de memoria; hoy incluso los profesionales más aventajados, educados en colegios y universidades de élite desde la década de 1960, optan por la omnipresente presentación en Powerpoint, la mejor compensación que existe para una corteza premotora debilitada.

El trabajo de Barbara Arrowsmith Young nos inspira a imaginar todo lo que sería posible conseguir si a cada niño se le hiciera una evaluación basada en su cerebro y, de encontrarse problemas, se les diseñara un programa a medida destinado a fortalecer las áreas esenciales en edad temprana, cuando la neuroplasticidad es mayor. Es mucho mejor atajar los problemas de raíz que dejar que el niño crezca con la idea de que es «tonto» y empiece a detestar el colegio y los estudios, y deje de trabajar las zonas más débiles de su cerebro, perdiendo así toda la fuerza que pudiera tener. Los niños más pequeños a menudo progresan más rápidamente con ejercicios mentales que los adolescentes, tal vez porque en una mente inmadura el número de conexiones entre neuronas, o sinapsis, es un 50 por ciento superior que en un cerebro adulto. Cuando llegamos a la pubertad se inicia en nuestro cerebro una operación de «poda»

masiva, y las conexiones sinápticas y las neuronas que no han sido utilizadas demasiado se mueren, en un ejemplo clásico del principio «úsalo o lo perderás». Así que probablemente es mejor reforzar las áreas debilitadas mientras aún hay disponible una gran cantidad de material cortical, aunque las evaluaciones de las funciones del cerebro pueden resultar de gran ayuda durante toda la escolarización e incluso en la universidad, cuando muchos estudiantes a los que les fue bien en el instituto presentan un rendimiento pobre debido a que sus funciones mentales más débiles se encuentran sobrecargadas por el exceso de exigencia. Pero al margen de estos casos concretos, todos los adultos pueden beneficiarse de las evaluaciones cognitivas basadas en el cerebro, un test de aptitud cognitiva, que les ayudaría a entender mejor su propio cerebro.

Han transcurrido muchos años desde que Mark Rosenzweig llevara a cabo aquellos experimentos con ratas que inspiraron a Barbara y le demostraron que un entorno rico y estimulante pude ayudar al cerebro a crecer. Con los años, su laboratorio y el de otros científicos han probado que estimular el cerebro lo hace crecer de todas las maneras posibles. Animales criados en entornos enriquecidos —rodeados de otros animales, con objetos que explorar, juguetes, escaleras o ruedas— aprenden mejor que animales genéticamente idénticos criados en entornos pobres. La acetilcolina, un compuesto químico del cerebro esencial para el aprendizaje, presenta niveles más altos en ratas entrenadas para superar problemas espaciales que en las ratas con problemas de menor importancia. El entrenamiento mental o la vida en entornos estimulantes incrementan el peso del cerebro en un 5 por ciento en la corteza de animales y en hasta un 9 por ciento en las áreas directamente estimuladas durante los ejercicios. Neuronas entrenadas y estimuladas pueden desarrollar un 25 por ciento más de ramificaciones y aumentar su tamaño, el número de conexiones por neurona y su riego sanguíneo. Estos cambios pueden también acontecer en edad tardía, aunque no se desarrollan tan rápidamente en animales mayores como en los más jóvenes. Se han observado efectos similares en la anatomía cerebral de todo tipo de animales.

En cuanto a las personas, autopsias han demostrado que la educación incrementa el número de ramificaciones entre neuronas. Cuanto mayores son las ramificaciones, más separadas están las neuronas, lo que conduce a un crecimiento de volumen y espesor del

cerebro. Así pues, la idea de que el cerebro es como un músculo no es sólo una metáfora.

Algunas cosas rotas nunca pueden arreglarse. Los diarios de Lyova Zazetsky son, hasta prácticamente el final, una sucesión de pensamientos fragmentarios. Aleksandr Luria, que dedujo el significado de dichos fragmentos, no pudo ayudarle. Pero la historia de Zazetsky hizo posible que Barbara Arrowsmith se curara a sí misma y a muchos otros. Hoy es una mujer divertida y aguda, sin que se perciban cuellos de botella en sus procesos mentales; pasa de una actividad a otra, de un niño a otro y domina múltiples destrezas.

Ha demostrado que los niños con trastornos de aprendizaje a menudo pueden ir más allá de la mera compensación y son capaces de corregir sus problemas. Como todos los programas de entrenamiento cerebral, el suyo funciona mejor y más rápidamente en personas con sólo unas pocas áreas que presentan dificultades. Pero puesto que ha desarrollado ejercicios para tal variedad de disfunciones mentales, a menudo puede ayudar a niños con múltiples trastornos de aprendizaje, niños como ella antes de que se fabricara a sí misma un cerebro mejor.

III

Rediseñar el cerebro

Un científico cambia un cerebro para agudizar la percepción y la memoria, incrementar la velocidad de pensamiento y solucionar problemas de aprendizaje

El trabajo de Michael Merzenich representa un impulso sin precedentes en el terreno de las innovaciones en neuroplasticidad y aplicaciones plásticas de la misma, y yo me encuentro de camino a Santa Rosa, en California, a reunirme con él. Su nombre es el más citado con respeto y admiración por otros neuroplásticos y no es fácil llegar hasta él. Cuando descubrí que estaría en un congreso en Texas me dirigí hacia allí, me senté a su lado y sólo así conseguí que accediera a reunirse conmigo en San Francisco.

—Escríbame a esta dirección de correo en San Francisco —me dice.

—¿Y si sigue sin contestarme?

—Insista.

En el último momento traslada nuestra cita a su villa en Santa Rosa.

He tardado en dar con él, pero Merzenich lo merece. El neurocientífico Ian Robertson lo ha descrito como «el investigador más importante en materia de neuroplasticidad». Su especialidad es mejorar la capacidad de las personas para pensar y percibir rediseñando sus cerebros entrenando áreas procesuales específicas, llamadas mapas cerebrales, de forma que incrementen su actividad. También ha demostrado, quizás en mayor medida que cualquier otro científico y con abundante detalle, *cómo* nuestras áreas cerebrales encargadas de procesar información pueden cambiar.

Esta villa en las colinas de Santa Rosa en donde Merzenich descansa y recarga energías. Este aire, estos árboles y viñedos parecen un trocito de Toscana trasplantado a Estados Unidos. Paso la noche allí con él y su familia, y por la mañana nos dirigimos a su laboratorio en San Francisco.

Los que trabajan con él le llaman «Merz» (pronunciado «mers»), que rima con *whirs* (vibra) y *stirs* (remueve). Mientras conduce su pequeño descapotable en dirección a sus reuniones —tiene ocupada toda la tarde— su pelo gris ondea al viento y me cuenta cómo algunos de sus recuerdos más intensos en ésta la segunda mitad de su vida —tiene 61 años— son de conversaciones sobre ideas científicas. Le escucho hablar por su teléfono móvil con su voz aguda. Conforme cruzamos por uno de los maravillosos puentes de San Francisco paga un peaje innecesario, tan concentrado como está en nuestra conversación. Está inmerso en docenas de proyectos y experimentos todos a la vez y ha puesto en marcha varias compañías. De sí mismo dice que tiene «el punto justo de locura». No está loco, pero sí es una combinación interesante de intensidad e informalidad. Nació en Lebanon, Oregón, es de ascendencia alemana, y aunque su nombre es teutón y su ética de trabajo, germánica, su forma de hablar es relajada y sencilla, propia de la costa oeste.

De los neuroplásticos que poseen sólidas credenciales científicas, Merzenich es quien ha realizado los progresos más ambiciosos en este campo: ha demostrado que ejercitar el cerebro puede ser tan eficaz como los medicamentos para tratar enfermedades tan graves como la esquizofrenia; que la plasticidad existe desde que nacemos hasta que morimos, y que las mejoras radicales en el funcionamiento cognitivo —la manera en que aprendemos, pensamos, percibimos y recordamos— son posibles incluso en personas de edad avanzada. Sus últimas patentes son de técnicas que se anuncian esperanzadoras a la hora de permitir a adultos adquirir destrezas lingüísticas sin necesidad de un gran esfuerzo memorístico. Merzenich argumenta que practicar una nueva destreza en las condiciones adecuadas puede cambiar cientos de millones e incluso miles de millones de las conexiones entre las células nerviosas de nuestro cerebro.

Si el lector es escéptico antes tales progresos, no debe olvidar que provienen de un hombre que ya ha ayudado a curar algu-

nos trastornos mentales considerados intratables. En los inicios de su carrera como médico, Merzenich desarrolló con su equipo el diseño más ampliamente utilizado de implante coclear, que permite oír a los niños congénitamente sordos. En la actualidad sus trabajos sobre plasticidad se centran en ayudar a niños con trastornos de aprendizaje a mejorar su cognición y su percepción. Sus técnicas —una serie de programas informáticos llamados *Fast ForWord*— ya han ayudado a cientos de miles. *Fast ForWord* tiene el aspecto de un juego de niños. Lo que resulta más asombroso es la rapidez con la se producen los cambios; en algunos casos, personas que llevan a sus espaldas toda una vida de dificultades cognitivas mejoran después de sólo 30 a 60 horas de tratamiento y, de forma inesperada, el programa también ha ayudado a un gran número de niños autistas.

Merzenich afirma que cuando el aprendizaje tiene lugar de una manera consistente con las leyes que gobiernan la plasticidad mental, la «maquinaria», cerebral puede mejorarse de forma que percibamos y aprendamos con una precisión, una rapidez y un poder de retención mayores.

Claramente, cuando aprendemos, aumentamos lo que ya sabemos. Pero Merzenich va más allá al aducir que también podemos cambiar la estructura misma del cerebro e incrementar su capacidad para aprender. A diferencia de un ordenador, el cerebro está en un proceso de adaptación constante.

«La corteza cerebral», dice de la capa que recubre el cerebro, «está continuamente seleccionando y perfeccionando sus capacidades procesuales para poder realizar cada tarea que se le presente». No se trata sólo de aprender, sino de «aprender cómo aprender». El cerebro que Merzenich describe no es un recipiente inanimado que podemos llenar, sino más bien un organismo vivo con apetito, capaz de crecer y cambiarse a sí mismo si se alimenta y ejercita de forma apropiada. Antes de las investigaciones de Merzenich, el cerebro se veía como una máquina compleja con límites inamovibles en cuanto a memoria, velocidad procesual e inteligencia. Él ha demostrado que todas estas suposiciones eran incorrectas.

Su primer objetivo nunca fue comprender cómo funciona el cerebro, sino que llegó a la conclusión de que el cerebro es capaz de reorganizar sus mapas casi de forma casual. Y aunque no fue el primer científico en demostrar la neuroplasticidad, la comunidad

científica tradicional llegó a aceptarla gracias a sus primeros experimentos.

Para comprender cómo pueden modificarse los mapas cerebrales primero necesitamos formarnos una imagen de los mismos. El primero en hacer visibles los de los seres humanos fue el neurocirujano doctor Wilder Penfield en el Montreal Neurological Institute en la década de 1930. Para Penfield, «cartografiar» el cerebro significaba localizar dónde se representaban en él las diferentes partes del cuerpo y sus actividades, un proyecto claramente localizacionista. Los localizacionistas habían descubierto que los lóbulos frontales eran la sede del sistema *motor* del cerebro, encargado de unificar y coordinar el movimiento de los músculos. Los tres lóbulos situados detrás del frontal, el temporal, el parietal y el occipital, constituyen el sistema *sensor* del cerebro, que procesa las señales enviadas a éste desde nuestros receptores sensoriales, ojos, oídos, manos, etcétera.

Penfield pasó años cartografiando las áreas motora y sensora del cerebro mientras practicaba la neurocirugía en pacientes epilépticos y con cáncer que permanecían conscientes durante la operación, puesto que en el cerebro no hay receptores de dolor. Los mapas sensor y motor forman parte de la corteza cerebral, situada en la superficie del cerebro y por tanto fácilmente accesible con una sonda. Penfield descubrió que cuando tocaba el área cerebral sensorial de un paciente con una sonda eléctrica desencadenaba sensaciones en su cuerpo. Utilizaba la sonda eléctrica para distinguir el tejido sano que quería conservar de los tumores o el tejido enfermo que era necesario extirpar.

Normalmente cuando nos tocan la mano se envía una señal eléctrica a la espina dorsal y de ahí al cerebro, donde se ponen en funcionamiento células que hacen que sintamos que nos han tocado la mano. Penfield descubrió que también podía hacer que un paciente notara que le estaban tocando la mano estimulando esa zona del cerebro electrónicamente. Cuando estimulaba otra parte del mapa cerebral, el paciente podía notar que le rozaban levemente la mano; cuando le estimulaban otra, la cara. Cada vez que estimulaba un área pedía a sus pacientes que le indicaran lo que sentían para asegurarse así de que no estaba cortando tejido sano. Después de muchas operaciones de este tipo reunió la información suficiente para demostrar dónde se representaban dentro del mapa del cerebro cada una de las partes del cuerpo.

Hizo lo mismo con el mapa del área motora, la parte del cerebro que controla el movimiento. Tocando diferentes zonas de este mapa podía desencadenar movimientos en la pierna, la cara y otros músculos del paciente.

Uno de los grandes hallazgos de Penfield fue que los mapas sensorial y motor del cerebro, al igual que los mapas geográficos, eran también topográficos, lo que quiere decir que las áreas adyacentes entre sí en la superficie corporal son por lo general también adyacentes en el cerebro. Asimismo descubrió que cuando tocaba ciertas partes del cerebro desencadenaba recuerdos infantiles o escenas oníricas en el paciente, lo que implicaba que actividades mentales más complejas también están cartografiadas en el cerebro.

Los mapas de Penfield influyeron en la concepción del cerebro de muchas generaciones. Puesto que los científicos creían que el cerebro era incapaz de cambiar, asumían, y enseñaban a sus discípulos, que estos mapas eran fijos, inmutables y universales —iguales en todos nosotros— aunque Penfield jamás llegó a afirmar tal cosa.

Merzenich descubrió que estos mapas no eran ni inmutables dentro de un solo cerebro ni universales, sino que varían en cuanto a límites y tamaño de una persona a otra. En una serie de brillantes experimentos demostró que la forma de nuestros mapas cerebrales cambia dependiendo de lo que hagamos a lo largo de nuestras vidas, pero para probarlo necesitaba una herramienta más exacta que los electrodos de Penfield, una que fuera capaz de detectar cambios en unas pocas neuronas a un tiempo.

Cuando estudiaba en la Universidad de Portland, Merzenich y un amigo emplearon material de laboratorio para demostrar el aumento de actividad eléctrica en neuronas de insectos. Estos experimentos llamaron la atención de un profesor admirador del talento y la curiosidad naturales de Merzenich y le recomendó para realizar estudios de posgrado en Harvard y en John Hopkins. Ambas universidades le aceptaron y Merzenich optó por John Hopkins para poder hacer su tesis doctoral en Fisiología bajo la dirección de uno de los grandes neurocientíficos de la época, Vernon Mountcastle, quien en la década de 1950 se hizo célebre al demostrar que era posible conocer las sutilezas de la arquitectura cerebral estudiando la actividad eléctrica de las neuronas empleando una nueva técnica: haciendo micromapas con microelectrodos con forma de aguja.

Los microelectrodos son tan pequeños y sensibles que pueden insertarse dentro o junto a una única neurona y detectar cuándo esa neurona *individual* envía su señal eléctrica a otras. Dicha señal pasa del microelectrodo a un amplificador y de ahí a una pantalla osciloscópica, donde aparece representada como un pico pronunciado. Merzenich haría la mayor parte de sus descubrimientos importantes usando microelectrodos.

Este invento notable permitió a los neurocientíficos decodificar la comunicación entre neuronas, de las cuales el cerebro humano tiene aproximadamente cien mil millones. Utilizando electrodos de mayor tamaño, como los de Penfield, los científicos podían observar miles de neuronas despidiendo señales a un tiempo, pero con los microelectrodos podían «escuchar» a una o dos neuronas a un tiempo mientras se comunicaban entre sí. Los micromapas son unas mil veces más precisos que la actual generación de escáneres cerebrales, los cuales detectan incrementos de actividad de un segundo de duración en miles de neuronas. Pero la señal eléctrica de una neurona a menudo dura una milésima de segundo, así que los escáneres se pierden una inmensa cantidad de información. Sin embargo los micromapas no han reemplazado a los escáneres cerebrales porque requieren una cirugía extremadamente trabajosa, realizada a través de un microscopio y con instrumental de microcirugía.

Pero Merzenich adoptó esta tecnología inmediatamente. Para cartografiar el área del cerebro encargada de procesar las sensaciones procedentes de la mano, seccionó un trozo de cráneo de mono por encima de la corteza sensora dejando expuesta una franja de cerebro de 1-2 milímetros y a continuación insertó un microelectrodo junto a una neurona sensorial. A continuación acariciaba la mano del mono hasta dar con la zona —por ejemplo, la punta de un dedo— que hacía que la neurona emitiera una señal eléctrica al microelectrodo. Después anotaba la localización exacta de la neurona que correspondía a la punta del dedo, estableciendo así el primer punto en el mapa. Entonces retiraba el microelectrodo y lo reinsertaba junto a otra neurona, y entonces tocaba partes distintas de la mano hasta localizar aquella que hacía reaccionar esa neurona concreta. Siguió este procedimiento hasta que hubo cartografiado toda la mano, lo que supuso hasta 500 inserciones y varios días de trabajo. Merzenich y su equipo realizaron miles de estos laboriosos procedimientos quirúrgicos para llegar hasta sus conclusiones.

Más o menos por entonces se produjo un descubrimiento crucial que afectaría para siempre el trabajo de Merzenich. En la década de 1960, justo cuando Merzenich comenzaba a trabajar con sus microelectrodos, otros dos científicos que también habían trabajado en la John Hopkins con Mountcastle descubrieron que el cerebro en animales extremadamente jóvenes es plástico. David Hubel y Torsten Wiesel estaban cartografiando la corteza visual para averiguar cómo se procesa la vista. Después de insertar microelectrodos en la corteza visual de gatitos, descubrieron que diferentes partes de la corteza se encargaban de procesar las líneas, las orientaciones y los movimientos de los objetos percibidos visualmente. También hallaron que había un «periodo crítico», que iba desde el nacimiento hasta la octava semana de vida, en que el gato recién nacido *tenía* que recibir estímulos visuales para desarrollarse normalmente. En el que sería el experimento crucial, Hubel y Wiesel cosieron el párpado de un gatito de manera que el ojo no recibiera estímulo visual alguno. Cuando lo descosieron y el ojo se abrió encontraron que las áreas visuales en el mapa del cerebro que normalmente habrían procesado la información del ojo cerrado no se habían desarrollado, dejando al gatito ciego de ese ojo de por vida. Resultaba pues evidente que los cerebros de los gatitos durante ese periodo crítico son plásticos y que su estructura se va conformando por la experiencia.

Cuando Hubel y Wiesel examinaron el mapa cerebral del ojo sin visión hicieron un nuevo e inesperado descubrimiento sobre plasticidad. La parte del cerebro del gatito que había sido privada de estímulo visual del ojo cerrado no había permanecido inactiva, sino que había comenzado a procesar información visual procedente del ojo abierto, como si el cerebro no hubiese querido malgastar «terreno cortical» y hubiera buscado la manera de reciclarse, otro indicador de la plasticidad cerebral durante este periodo crítico. Hubel y Wiesel ganaron el Premio Nobel por este descubrimiento, pero aunque habían descubierto la plasticidad en la infancia, seguían siendo localizacionistas y defendían la idea de que el cerebro adulto está programado para desempeñar funciones en localizaciones específicas.

El descubrimiento de este periodo crítico se convirtió en uno de los más famosos dentro del campo de la biología en la segunda mitad del siglo XX y los científicos pronto demostraron que otros sistemas cerebrales precisaban entornos estimulantes para desa-

rrollarse. También parecía que cada sistema neural tenía un periodo crítico distinto durante el cual era especialmente plástico y sensible al entorno, y durante el cual experimentaba un crecimiento mayor. Así, el desarrollo del lenguaje, por ejemplo, tiene un periodo crítico que empieza en los primeros meses de vida y termina entre los 8 años y la pubertad. A partir de ahí la capacidad de una persona para aprender un segundo idioma y hablarlo sin acento es limitada. De hecho, las segundas lenguas que se aprenden una vez terminado este periodo crítico no se procesan en la misma zona del cerebro que la lengua materna.

Esta noción de periodos críticos también resultó de ayuda al etólogo Konraz Lorenz, ocupado en comprobar que las crías de ganso, cuando estaban en contacto con seres humanos durante breves periodos de tiempo —entre quince horas y tres días— nada más nacer, creaban lazos de por vida con esa persona en lugar de con su madre. Para probarlo, hizo que varias crías de ganso convivieran con él y le siguieran a todas partes, en un proceso que llamó «impronta». De hecho, la versión psicológica del llamado periodo crítico se remontaba a Freud, quien ya afirmó que las personas atravesamos fases de desarrollo que son como pequeñas ventanas en el tiempo durante las cuales debemos pasar por ciertas experiencias para mantenernos sanas; dichos periodos son formativos, decía, y determinantes para el resto de nuestras vidas.

La plasticidad del periodo crítico cambió la práctica médica. Gracias al descubrimiento de Hubel y Wiesel, los niños nacidos con cataratas no estaban destinados a una ceguera de por vida. Ahora se les practicaba cirugía correctiva durante su periodo crítico de manera que su cerebro pudiera recibir la luz necesaria para establecer las conexiones básicas. Los microelectrodos habían demostrado que la plasticidad es una característica inherente a la infancia y también que, al igual que ésta, el periodo de maleabilidad cerebral era limitado.

La primera intuición de Merzenich sobre plasticidad adulta fue accidental. En 1968, después de terminar su doctorado, se matriculó en un curso de posgrado con Clinton Woosley, un investigador de Madison, Wisconsin, y colega de Penfield. Woolsey pidió a Merzenich que supervisara a dos jóvenes neurocirujanos, los doctores Ron Paul y Herbert Goodman. Los tres decidieron observar lo que

ocurre en el cerebro cuando unos de los nervios periféricos de la mano es seccionado y comienza a regenerarse.

Es importante entender que el sistema nervioso está dividido en dos partes. La primera es el sistema nervioso central (el cerebro y la médula espinal), que es centro de comandos y control y del que se pensaba que carecía de plasticidad. La segunda es el sistema nervioso periférico, que traslada los mensajes procedentes de los receptores sensoriales a la espina dorsal y el cerebro y los de la espina dorsal y el cerebro a los músculos y a las glándulas. El sistema nervioso periférico ya se sabía que era plástico; si un nervio de la mano resulta seccionado, puede «regenerarse» o curarse solo.

Cada neurona tiene tres partes: las *dendritas* son ramificaciones en forma de árboles que reciben información de otras neuronas y conducen hasta el *cuerpo celular*, que mantiene la célula viva y contiene el ADN. Por último, el *axón* es un cable vivo de longitud variable (desde microscópica en cerebro hasta de casi dos metros en las piernas). Los axones a menudo se comparan con cables porque conducen impulsos nerviosos a gran velocidad (de 3 a 220 kilómetros por hora) hasta las dendritas de las neuronas vecinas.

Una neurona puede recibir dos clases de señales: las que la estimulan o las que la inhiben. Si una neurona recibe señales *estimulantes* suficientes de otras neuronas, entonces emitirá su propia señal. En cambio, si recibe la cantidad necesaria de señales *inhibidoras* será menos probable que emita señal alguna. Los axones no llegan a estar en contacto con las dendritas vecinas; los separa un espacio microscópico llamado *sinapsis*. Una vez que una señal eléctrica llega al extremo de un axón, desencadena la emisión de un mensajero químico, llamado neurotransmisor, a la sinapsis. El neurotransmisor flota hasta la dendrita de la neurona adyacente estimulándola o inhibiéndola. Cuando decimos que las neuronas «se reciclan» queremos decir que se producen alteraciones en la sinapsis, fortaleciendo y aumentando, o bien debilitando y disminuyendo el número de conexiones entre neuronas.

Merzenich, Paul y Goodman querían investigar una no por conocida menos misteriosa interacción entre los sistemas nerviosos central y periférico. Cuando un nervio periférico *grande* (compuesto de muchos axones) es seccionado, en ocasiones durante el proceso de regeneración «se cruzan los cables». Cuando los axones se adhieren a los axones del nervio equivocado, la persona puede experimentar «falsa localización», de forma que si le tocan el

dedo índice lo nota en el pulgar. Los científicos suponían que esta falsa localización ocurría porque el proceso de regeneración «reorganizaba» los nervios, enviando la señal procedente del dedo índice al mapa cerebral del pulgar.

El modelo que los científicos tenían del cerebro y del sistema nervioso era uno en el que cada punto de la superficie corporal tenía un nervio que enviaba señales directamente a un punto específico del mapa cerebral, anatómicamente estructurado desde el nacimiento. Así pues un nervio del pulgar enviaba señales directamente al área del mapa cerebral sensorial correspondiente a este dedo. Merzenich y sus colegas aceptaron este modelo «de punto a punto» e ingenuamente se dispusieron a documentar lo que ocurría *en el cerebro* durante este intercambio de nervios. Microcartografiaron los mapas de la mano en los cerebros de varios monos jóvenes, seccionaron un nervio periférico correspondiente a una mano y a continuación cosieron los dos extremos sin que llegaran a tocarse, confiando en que los numerosos cables axonales del nervio se cruzaran conforme el nervio se regenerara. Transcurridos siete meses, cuando volvieron a cartografiar el cerebro, Merzenich supuso que se encontrarían con un mapa cerebral caótico ya que, si los nervios de los dedos índice y pulgar se habían cruzado, cabía esperar que al tocar el dedo índice se generaría actividad en el área del mapa correspondiente al pulgar. Pero en lugar de eso se encontró con que el mapa era casi normal.

«Lo que vimos», cuenta Merzenich, «era absolutamente asombroso y yo no alcanzaba a entenderlo». El mapa se había reorganizado *topográficamente*, como si el cerebro hubiera redirigido sólo las señales de los nervios cruzados.

Esa semana cambió para siempre la vida de Merzenich, quien por primera vez se dio cuenta de que él y la ciencia tradicional habían malinterpretado la manera en que el cerebro humano forma mapas para representar el cuerpo y el mundo. Si el mapa cerebral podía normalizar su estructura en respuesta a una información anormal, la noción de que nacemos con un sistema cerebral fijo tenía que ser errónea y el cerebro tenía por fuerza que ser plástico.

Pero ¿cómo era capaz el cerebro de hacer eso? Además, Merzenich también observó que los nuevos mapas topográficos se formaban en lugares ligeramente distintos a los que ocupaban anteriormente. La visión localizacionista según la cual cada función

mental se procesa siempre en la misma zona del cerebro tenía que ser incorrecta o radicalmente incompleta. ¿Y eso qué quería decir?

Merzenich volvió a la biblioteca para buscar pruebas que contradijeran el localizacionismo y encontró que, en 1912, Graham Brown y Charles Sherrington habían demostrado que estimular *un punto* en la corteza motora podía hacer que un animal doblara una pata en una ocasión y en otra la estirara. Este experimento, perdido entre la literatura científica, implicaba que no había una relación de punto a punto entre el mapa motor del cerebro y un momento determinado. En 1923 Karl Lashey, empleando material bastante más rústico que los microelectrodos, dejó al descubierto la corteza motora de un mono, la estimuló en un lugar determinado y observó el movimiento resultante. A continuación volvió a coser al animal. Pasado algún tiempo repitió el experimento, estimulando al mono en el mismo punto y observando que el movimiento resultante a menudo variaba. Tal y como lo explicó entonces el gran historiador de la psicología de Harvard Edward G. Boring: «El mapa de un día dejaría de ser válido al siguiente».

Así pues, los mapas cerebrales eran dinámicos.

Merzernich no tardó en ver lo revolucionario de las implicaciones de estos experimentos. Discutió el experimento de Lashley con Vernon Mountcastle, un localizacionista a quien, según me contó Merzenich, «el experimento de Lashley le había literalmente fastidiado. Mountcastle no quería creer en la neuroplasticidad; quería que las cosas se quedaran en su sitio indefinidamente. Y sabía que este experimento representaba un importante desafío a la visión tradicional del cerebro. Mountcastle pensó que Lashley era una extravagante exageración».

Los neurocientíficos estaban dispuestos a aceptar el descubrimiento de Hubel y Wiesel de que la plasticidad existe durante la infancia, porque aceptaban que el cerebro infantil se encuentra en fase de desarrollo, pero rechazaban el hallazgo de Merzenich de que esta plasticidad continúa en la edad adulta.

Merzernich se recuesta en su asiento con una expresión casi compungida y recuerda: «Tenía un montón de razones para creer que el cerebro no podía ser plástico hasta ese extremo, y en una semana todas se fueron al traste».

Ahora Merzenich tenía que buscar nuevos mentores entre los fantasmas de científicos muertos, como Sherrington y Lashley. Es-

cribió un artículo sobre el experimento del intercambio de nervios y en el apartado de discusión argumentó durante varias páginas que el cerebro adulto es plástico, aunque sin emplear esta palabra.

Pero este apartado nunca llegó a publicarse. Clinton Woosley, su supervisor, lo tachó con una gran X, aduciendo que era demasiado especulativo y que Merzenich iba más allá de lo que indicaban los datos. Cuando se publicó el artículo éste no incluía mención alguna a la plasticidad y tan sólo se hacía un mínimo énfasis a explicar la organización topográfica del cerebro. Merzenich se retractó de su postura, al menos en sus publicaciones. Después de todo, no era más que un estudiante de posgrado trabajando en el laboratorio de otro investigador.

Pero se sentía enfadado y la mente le bullía. Empezaba a pensar que la plasticidad podría ser la característica básica del cerebro, que había evolucionado para proporcionar a los seres humanos un elemento competitivo que podría ser «algo fabuloso».

En 1971 se convirtió en profesor de la Universidad de California, en San Francisco, en el departamento de Otorrinolaringología y Fisiología, donde se investigaban enfermedades del oído. Ahora que era su propio jefe, inició una serie de experimentos que probarían la existencia de plasticidad más allá de toda duda. Puesto que el tema seguía siendo controvertido, disfrazó sus experimentos sobre plasticidad de otra cosa, pero dedicó gran parte de la década de 1970 a cartografiar la corteza auditiva de diferentes especies animales y ayudó a otros a inventar y perfeccionar el implante coclear.

La cóclea es el micrófono que hay dentro de nuestros oídos y está situada junto al aparato vestibular que se ocupa del sentido de la posición y que estaba dañado en Cheryl, la paciente de Bach-y-Rita. Cuando en el mundo exterior se produce sonido, diferentes frecuencias hacen vibrar a pequeñas células pilosas, las cuales convierten el sonido en patrones de señales eléctricas que viajan por el nervio auditivo hasta la corteza auditiva. Los microcartógrafos descubrieron que en la corteza auditiva las frecuencias sonoras se organizan «por tonos», es decir, como en un piano: las frecuencias graves en un extremo y las agudas en el otro.

Un implante coclear no es un audífono. Un audífono amplifica el sonido para aquellas personas que han sufrido pérdida parcial auditiva debido a un mal funcionamiento de la cóclea, que sin

embargo sigue detectando algún sonido. Los implantes cocleares están indicados para las personas que son sordas debido a que su cóclea está profundamente dañada. El implante reemplaza a la cóclea y transforma los sonidos en impulsos eléctricos que a continuación envía al cerebro. Puesto que Merzenich y sus colegas no podía aspirar a reproducir la complejidad de un órgano natural con 3.000 células pilosas, la cuestión era ¿podía el cerebro, que había evolucionado hasta ser capaz de descodificar señales complejas procedentes de multitud de células pilosas, descodificar impulsos procedentes de un aparato mucho más simple? Si podía, entonces ello significaría que la corteza auditiva era plástica, capaz de modificarse a sí misma y de responder a información generada artificialmente. El implante consiste en un receptor de sonido, un conversor que traduce este sonido a impulsos eléctricos y un electrodo insertado quirúrgicamente en los nervios que van del oído al cerebro.

Mediada la década de 1960, algunos científicos se mostraban hostiles hacia los implantes cocleares. Algunos decían que se trataba de un proyecto imposible, otros, que implicaba futuros daños potenciales para los pacientes. Pero éstos, a pesar de los riesgos, solicitaban el trasplante. Al principio éste les permitía a algunos percibir sólo ruido; a otros unos cuantos tonos, silbidos y sonidos intermitentes.

La contribución de Merzenich fue emplear lo aprendido al cartografiar la corteza auditiva para determinar el tipo de información que necesitaban recibir los pacientes del implante que les permitiera decodificar lenguaje, y dónde implantar el electrodo. Trabajó con ingenieros de comunicaciones para diseñar un mecanismo que transmitiera lenguaje complejo a través de un número reducido de canales de banda ancha de forma que siguiera siendo inteligible. Juntos desarrollaron un implante multicanal de gran precisión que permitía a personas sordas oír, y el aparato se convirtió en la base de una de las dos clases de implante coclear primario utilizadas hoy día.

Naturalmente, lo que a Merzenich más le interesaba era investigar la plasticidad, así que en último término decidió llevar a cabo un experimento sencillo pero radical, en el que eliminaría toda la entrada de información sensorial en un mapa cerebral para observar qué ocurría. Para ello recurrió a su amigo y colega el neurocientífico Jon Kass, de la Universidad de Vanderbilt, en Nashvi-

lle, el cual trabajaba con monos adultos. La mano de un mono, como la del hombre, tiene tres nervios principales: radial, mediano y ulnar. El nervio *mediano* transmite sensaciones en su mayoría procedentes de la *parte media* de la mano, los otros dos de ambos lados de ésta. Merzenich seccionó el nervio mediano a uno de los monos para comprobar cómo reaccionaba el mapa cerebral correspondiente cuando se eliminaba *toda* la entrada de información. Después regresó a San Francisco y se dispuso a esperar.

Dos meses más tarde estaba de vuelta en Nashville. Cuando cartografió el cerebro del mono vio, tal y como había esperado, que la porción de su cerebro correspondiente al nervio mediano no mostraba actividad alguna cuando tocaba esa parte de la mano. Pero hubo algo más que le llenó de asombro: cuando tocaba los *lados exteriores* de la mano de mono —es decir, las áreas encargadas de enviar señales a través de los nervios radial y ulnar— ¡el mapa del nervio mediano se encendía! Los mapas cerebrales correspondientes a los nervios radial y ulnar habían prácticamente duplicado su tamaño e *invadido* lo que antes fue el mapa del nervio mediano. Y estos mapas nuevos eran topográficos. Esta vez Merzenich y Kaas, al escribir sobre su descubrimiento, calificaron los cambios ocurridos en el cerebro de «espectaculares» y emplearon el término «plasticidad» para explicarlos, aunque siempre entre comillas.

Este experimento demostraba que si se seccionaba el nervio mediano, otros nervios, que aún recibían información eléctrica, ocuparían el área del mapa sin utilizar para procesar dicha información. En lo referente a asignar el poder de procesar información, los mapas cerebrales estaban gobernados por recursos valiosos y se regían por el principio de *úsalo o lo perderás.*

La naturaleza competitiva de la plasticidad nos afecta a todos. En el interior de nuestros cerebros se libra una batalla sin fin entre nervios, y si dejamos de ejercitar nuestras destrezas mentales no es que las olvidemos simplemente, sino que el espacio que ocupan en nuestro mapa mental se recicla para dedicarse a las destrezas que sí practicamos. Cuando nos preguntamos: «¿Cada cuánto tiempo debo practicar mi francés, o la guitarra o las matemáticas para conservar mis conocimientos?», en realidad nos estamos preguntando acerca de nuestra plasticidad competitiva. Nos preguntamos cuánto tiempo debemos practicar una actividad determinada para asegurarnos de que su mapa mental no es ocupado por otra.

La plasticidad competitiva en adultos sirve incluso para explicar algunas de nuestras limitaciones. Basta pensar en la dificultad que muchos adultos tienen para aprender un segundo idioma. La actitud convencional es que la dificultad surge porque el periodo crítico para el aprendizaje de lenguas ha concluido, dejándonos con un cerebro demasiado *rígido* como para cambiar su estructura a gran escala. Pero el descubrimiento de la plasticidad competitiva sugiere que hay algo más. Conforme nos hacemos mayores, y usamos más nuestra lengua materna, ésta comienza a ocupar más espacio en nuestro mapa mental. Así que, debido a que nuestro cerebro es plástico —y a que esta plasticidad es competitiva— nos resulta tan difícil aprender un nuevo idioma y poner fin así a la tiranía de nuestra lengua materna.

Pero, si esto es cierto, ¿por qué nos resulta más fácil aprender un segundo idioma cuando somos jóvenes? ¿Es que entonces no hay competitividad? En realidad, no. Si se aprenden dos lenguas al mismo tiempo durante el periodo crítico, ambas se afianzan. Los escáneres mentales, dice Merzenich, muestran que en un niño bilingüe todos los sonidos de las dos lenguas que habla comparten un mismo mapa, una especie de biblioteca de sonidos de ambos idiomas.

La plasticidad competitiva también explica por qué nuestros malos hábitos son tan difíciles de erradicar o «desaprender». La mayoría de nosotros vemos el cerebro como un contenedor y el aprendizaje como el proceso de introducir información en él. Cuando tratamos de eliminar un mal hábito, pensamos que la solución es meter algo nuevo en el contenedor. Pero cuando aprendemos un mal hábito éste ocupa su espacio en el mapa cerebral y cada vez que lo repetimos requiere mayor control de ese mapa e impide el uso de ese espacio para hábitos saludables». Por esa razón el proceso de «desaprender» es a menudo más duro que el de aprender, y por eso también la educación temprana es tan importante o, dicho de otro modo, es mejor aprender bien pronto antes de que el «mal hábito» adquiera ventaja.

El siguiente experimento de Merzenich, ingeniosamente sencillo, hizo famosa la plasticidad entre los neurocientíficos y con el tiempo hizo más por convencer a los escépticos que cualquier experimento sobre plasticidad realizado antes de o con posterioridad a él.

Merzenich cartografió el mapa de la mano de un mono en el cerebro y a continuación amputó el dedo corazón de dicho animal. Pasados algunos meses volvió a cartografiar al mono y encontró que el mapa cerebral para el dedo amputado había desaparecido y que los mapas correspondientes a las funciones adyacentes habían crecido hasta ocupar el espacio originalmente destinado al dedo corazón. Aquélla era la demostración definitiva de que los mapas cerebrales son dinámicos, que existe competitividad por el espacio cortical, y que los recursos del cerebro se localizan de acuerdo al principio de úsalo o lo perderás.

Merzenich también observó que los animales de determinadas especies tienen mapas similares pero *nunca* idénticos. La microcartografía le permitió detectar diferencias que Penfield, con sus electrodos de mayor tamaño, no había visto. También llegó a la conclusión de que los mapas de las partes del cuerpo normales cambian cada pocas semanas. Cada vez que cartografiaba la cara de un mono normal, el resultado era distinto. La plasticidad no requiere, pues, amputar o seccionar miembros, sino que es un fenómeno natural y los mapas cerebrales están en constante cambio. Cuando puso por escrito los resultados de este nuevo experimento, Merzenich quitó las comillas al término «plasticidad». Pero, a pesar de la elegancia de su experimento, la reticencia hacia sus teorías por parte de sectores de la comunidad científica no desapareció de la noche a la mañana.

Se ríe cuando lo cuenta. «Déjeme que le diga lo que ocurrió cuando empecé a declarar públicamente que el cerebro es plástico. Encontré bastante hostilidad, la verdad. No puede calificarse de otra manera. En las reseñas, se decían cosas tales como: "Sería realmente interesante de poder ser cierto, pero no puede serlo"». Era como si me lo hubiera inventado todo.

Puesto que Merzenich argumentaba que los mapas cerebrales eran capaces de alterar sus límites y localización y cambiar sus funciones incluso en edad adulta, los localizacionistas se opusieron a él. «Casi todos mis conocidos dentro de la corriente neurocientífica dominante», explica, «pensaron que aquello era una especie de teoría *medio*-seria, que los experimentos eran chapuceros y que los efectos descritos resultaban inciertos. Pero la realidad era que yo había realizado el experimento las veces suficientes como para que estar convencido de que su postura era arrogante e indefendible».

Una de la voces más escépticas fue la del propio Torsten Wiesel quien, a pesar de que había demostrado que la plasticidad existe, seguía oponiéndose firmemente a la idea de que pudiera darse en adultos, lo que le llevó a escribir que él y Hubel «estaban firmemente convencidos de que una vez las conexiones corticales alcanzan su madurez, permanecen inalterables en una misma localización». Wiesel había recibido el Premio Nobel por determinar dónde ocurre el procesamiento visual, un hallazgo considerado como uno de los grandes triunfos del localizacionismo. Actualmente Wiesel admite la plasticidad adulta y ha reconocido en distintas publicaciones que durante mucho tiempo estuvo en un error, y que fueron los experimentos pioneros de Merzenich lo que le convencieron a él y a sus colegas. Este gesto no pasó desapercibido al núcleo duro de los localizacionistas.

«Lo más frustrante», dice Merzenich, «era que yo veía que la neuroplasticidad tenía todo tipo de implicaciones potenciales en el campo de la medicina y en la interpretación de la neuropatología humana y la psiquiatría. Y nadie se daba cuenta».

Dado que la plasticidad es un proceso, Merzenich llegó a la conclusión de que sólo podría entenderlo si lo observaba mientras ocurría en tiempo real. Así que seccionó el nervio mediano a un mono y durante los meses siguientes realizó múltiples mapas mentales del animal.

El primero, trazado inmediatamente después de seccionar el nervio, demostró, tal y como esperaba, que el mapa mental del nervio mediano permanecía completamente mudo cuando se tocaba la parte central de la mano. Pero cuando tocaba la parte de la mano del mono conectada a los nervios exteriores, la porción silente del mapa del nervio mediano se encendía inmediatamente. Los mapas de los nervios externos, el radial y el ulnar, ocupaban ahora el del nervio mediano y estos nuevos mapas aparecían tan rápidamente que era como si hubieran estado ocultos todo ese tiempo, desde su desarrollo temprano, y ahora se «desenmascararan».

El vigésimo segundo día Merzenich cartografió de nuevo al mono y encontró que los mapas radial y ulnar, que cuando aparecieron por primera vez carecían de detalle, se habían refinado y detallado y expandido hasta ocupar casi por completo el mapa del nervio mediano (un mapa primitivo carece de detalles; uno refinado tiene muchos y por tanto contiene más información).

Para el día 144 el mapa completo era tan detallado como uno normal.

Al realizar múltiples cartografías de manera simultánea, Merzenich pudo observar que los nuevos mapas cambiaban de límites y se volvían más detallados, llegando incluso a desplazarse por el cerebro. En un caso incluso uno desapareció, como la Atlántida.

Parecía pues razonable suponer que si se formaban nuevos mapas entonces se habrían formado también nuevas conexiones entre neuronas. Para ayudar a entender este proceso Merzenich recurrió a las ideas de Donald O. Hebb, un psicólogo conductista canadiense que había trabajado con Penfield. En 1949 Hebb propuso que el aprendizaje conectaba neuronas de maneras nuevas y que cuando dos neuronas emiten simultáneamente y de forma repetida (o cuando una de ellas emite, haciendo que la otra la imite) se producen cambios químicos en las dos, de manera que tienden a conectarse más intensamente. El concepto de Hebb —en realidad ya propuesto por Freud sesenta años antes— fue resumido a la perfección por la neurocientífica Carla Shatz en su afirmación *Neurons that fire together wire together* [Las neuronas que emiten al mismo tiempo terminan por asociarse].

La teoría de Hebb era por tanto que la estructura neuronal puede alterarse con la experiencia. A partir de aquí, la nueva teoría de Merzenich era que los circuitos neuronales desarrollan fuertes conexiones entre sí cuando son activadas simultáneamente. Y si los circuitos pueden cambiar, pensaba Merzenich, entonces había razones para suponer que personas con problemas congénitos en los circuitos de procesamiento neuronal —es decir, con problemas de aprendizaje, trastornos psicológicos, derrames cerebrales u otras lesiones— podían generar nuevos circuitos si se les ayudaba a formar nuevas conexiones neuronales consiguiendo que las neuronas sanas se activaran al mismo tiempo que las enfermas y terminaran por emitir juntas.

A partir de finales de la década de 1980 Merzenich diseñó o participó en brillantes estudios encaminados a comprobar si los mapas del cerebro son de orden temporal y si sus límites y funcionamiento pueden manipularse «jugando» con el ritmo/temporización de la información que se les envía.

En un experimento especialmente ingenioso, Merzenich cartografió la mano de un mono normal y a continuación le cosió dos

dedos de forma que se movieran a la vez. Después de que el mono usara los dedos cosidos varios meses, volvió a cartografiar su cerebro. Los dos mapas de los dedos originalmente separados se habían fundido ahora en uno solo, que se encendía cada vez que se tocaba cualquier zona de los dedos unidos. Dado que todos los movimientos y sensaciones de estos dos dedos se daban de forma simultánea, habían formado un solo mapa. Este experimento demostró que el ritmo en el envío de información a las neuronas del circuito era fundamental en la formación del mismo: las neuronas que emitían señales *al mismo tiempo* se asociaban hasta formar un solo circuito.

Otros científicos probaron los descubrimientos de Merzenich con seres humanos. Algunas personas nacen con las membranas entre los dedos unidas, una patología llamada sindactilia. Cuando se cartografió el cerebro de dos de estos pacientes el escáner reveló que cada uno tenía un solo circuito para los dedos fusionados, en lugar de uno para cada uno.

Después de que los cirujanos separaran los dedos unidos, se volvió a cartografiar el cerebro de los pacientes y dos mapas distintos aparecieron para cada uno de los dedos. Puesto que éstos ahora podían moverse de forma independiente, las neuronas habían dejado de emitir al mismo tiempo, ilustrando así otro principio de la plasticidad: si separamos las señales enviadas a las neuronas a tiempo, se crean circuitos cerebrales separados. En neurociencia este hallazgo se resume en la frase *Neurons that fire apart wire apart* (Las neuronas que se activan por separado, se desconectan) o *Neurons out of sync fail to link* (Neuronas desincronizadas, neuronas disociadas).

En el experimento siguiente Merzenich creó un mapa para lo que podría llamarse un dedo inexistente que fuera perpendicular a los otros. Su equipo estimuló entonces las cinco puntas de los dedos de un mono de forma simultánea, quinientas veces al día durante un mes, impidiendo al mono que usara uno de sus dedos a la vez. Pronto su mapa cerebral había desarrollado un nuevo mapa en el que las puntas de los cinco dedos se habían fusionado. Este nuevo mapa discurría perpendicular a los otros dedos y todas las puntas de los mismos formaban parte de él en lugar de los mapas de los dedos individuales, que habían empezado a desaparecer debido al desuso.

En una última y especialmente brillante demostración, Merzenich y su equipo probaron que los mapas cerebrales no tienen

una base anatómica. Tomaron un pequeño fragmento de piel de un dedo y —aquí reside la clave—, con el nervio que conducía a su circuito mental todavía unido, injertaron quirúrgicamente la piel a uno de los dedos adyacentes. Ahora ese trozo de piel y su nervio resultaban estimulados cada vez que el dedo al que estaban unidos se movía o era tocado a lo largo del día. De acuerdo con el modelo anatómico tradicional. Las señales deberían ser *todavía* enviadas desde la piel a través del nervio y hasta el circuito cerebral correspondiente al dedo en el que se había injertado la piel, pero, en lugar de ello, cuando se estimulaba el trozo de piel, era el circuito de su *nuevo* dedo el que respondía al estímulo. El circuito de la piel injertada había migrado desde el circuito del dedo original al del nuevo, porque tanto la piel como el dedo nuevo recibían estímulos simultáneos.

En pocos años Merzenich había descubierto que el cerebro adulto es plástico y había persuadido a los escépticos de la comunidad científica de ello, además de demostrar que la experiencia puede transformar el cerebro. Pero le faltaba explicar un enigma crucial: cómo los mapas cerebrales se organizan solos hasta volverse topográficos y funcionar de forma que nos sean más útiles.

Cuando decimos que un mapa cerebral está organizado topográficamente, queremos decir que está ordenado a semejanza del cuerpo. Por ejemplo, nuestro dedo corazón está entre el índice y el anular, y lo mismo puede decirse de nuestro mapa cerebral: el mapa para el dedo corazón está entre el del dedo índice y el del anular. La organización topográfica resulta eficaz porque implica que áreas del cerebro que a menudo trabajan juntas están más cercanas en el mapa del cerebro, de manera que las señales no tienen que recorrer largas distancias.

La pregunta que se hacía Merzenich ahora era ¿Cómo surge esta disposición topográfica en el mapa del cerebro? La respuesta a la que llegaron él y su equipo fue verdaderamente ingeniosa: la disposición topográfica surge porque muchas de nuestras actividades diarias a menudo implican secuencias que se repiten en un orden determinado. Cuando cogemos un objeto del tamaño de una manzana o una pelota de beisbol usamos por lo general primero los dedos pulgar e índice y seguidamente lo envolvemos con el resto de los dedos uno a uno. Puesto que el pulgar y el índice tocan aproximadamente al mismo tiempo, el mapa del pulgar y el del índice

tienden a acercarse en el cerebro (Neuronas que se activan al mismo tiempo...). Conforme seguimos envolviendo el objeto con la mano nuestro dedo corazón entrará en contacto con él, de manera que su mapa cerebral tenderá a situarse junto al del dedo índice y más alejado del pulgar. Conforme la secuencia pulgar, índice, corazón, se repite miles de veces, termina por conformar un mapa cerebral donde el pulgar está junto al corazón, etcétera. Las señales que llegan en tiempos distintos, como las procedentes del pulgar y del meñique, tienen mapas más distantes entre sí porque las neuronas que emiten separadamente tienden a disociarse.

Muchos, si no todos, los mapas cerebrales trabajan agrupando espacialmente acontecimientos que ocurren a un mismo tiempo. Tal y como hemos visto, el mapa auditivo está dispuesto como las teclas de un piano, con regiones para las notas graves en un extremo y para las agudas en otro. ¿Por qué este orden? Porque las frecuencias graves tienden a unirse de forma espontánea. Cuando oímos a una persona con voz grave, la mayor parte de las frecuencias son también graves, por eso se unen.

La llegada de Bill Jenkins al laboratorio de Merzenich inauguró una nueva etapa de investigación que ayudaría a éste a desarrollar aplicaciones prácticas para sus descubrimientos. Jenkins, formado como psicólogo conductista, estaba especialmente interesado en comprender los procesos de aprendizaje, y sugirió enseñar a animales nuevas destrezas para así observar cómo el aprendizaje afectaba a sus circuitos neuronales.

En un experimento básico, cartografiaron la corteza sensorial de un mono y a continuación entrenaron a éste para que tocara un disco giratorio con la punta del dedo con la cantidad justa de presión y durante 10 segundos, hecho lo cual recibía un plátano de premio. El experimento requería que el mono prestara gran atención y aprendiera a tocar el disco sin presionar demasiado y durante el tiempo preciso. Después de miles de ensayos, Merzenich y Jenkins cartografiaron de nuevo el cerebro del mono y vieron que el área correspondiente a la punta del dedo había aumentado conforme el animal había aprendido a tocar el disco con la presión adecuada. Este experimento demostró además que cuando un animal está motivado para aprender, su cerebro responde de forma plástica, así como que, conforme los circuitos neuronales aumentan de tamaño, las neuronas individuales se vuelven más eficientes, en dos

etapas. En la primera, como en el caso del mono entrenado, el circuito correspondiente a la punta del dedo creció hasta ocupar una superficie mayor. Pero pasado un tiempo las neuronas individuales del circuito se volvieron más eficientes, hasta que llegó un punto en el que unas pocas eran capaces de realizar la función solas.

Cuando un niño aprende a tocar escalas en el piano por primera vez tiende a emplear toda la parte superior del cuerpo —muñeca, brazo, hombro— para tocar cada nota. Incluso los músculos faciales se tensan hasta hacer una mueca. Con la práctica sin embargo, el pianista neófito deja de usar músculos innecesarios y pronto se acostumbra a usar sólo el dedo indicado para tocar cada nota. Desarrolla «manos de seda» y, si perfecciona su técnica, adquiere «elegancia» y toca de manera relajada. Esto se debe a que el niño ha pasado de emplear una gran cantidad de neuronas a sólo unas pocas, adecuadas para la tarea que realizan. Este uso más eficiente de las neuronas se produce cada vez que nos volvemos competentes en algo y explica por qué no nos quedamos sin espacio en el cerebro para nuevos mapas conforme añadimos nuevas destrezas a nuestro repertorio.

Merzenich y Jenkins también demostraron que las neuronas individuales se vuelven más selectivas con el entrenamiento. Cada neurona de un circuito cerebral dedicado al tacto posee un «campo receptivo», un segmento en la epidermis que está «conectado» a ella. Cuando se entrenó a los monos para que tocaran el disco correctamente, los campos receptivos de las neuronas individuales se hicieron más pequeños y pasaron a emitir señales únicamente cuando una mínima superficie de la punta del dedo entraba en contacto con el disco. Así, a pesar del hecho de que el tamaño del circuito o mapa cerebral había aumentado, cada neurona dentro de él se había hecho cargo de una pequeña porción de la superficie de la piel, permitiendo al animal que afinara su sentido del tacto. En líneas generales, el mapa se había vuelto más preciso.

Merzenich y Jenkins también descubrieron que las neuronas que son entrenadas para volverse más eficientes también tienen un tiempo de procesamiento *superior*. Esto quiere decir que la velocidad a la que pensamos es en sí plástica. La velocidad de pensamiento es esencial para nuestra supervivencia, ya que las cosas suceden rápido y si el cerebro que las procesa es lento puede perder información fundamental. En un experimento determinado, Merzenich y Jenkins entrenaron con éxito a varios monos para que identifica-

ran sonidos en tiempos cada vez más cortos. Las neuronas entrenadas emitían con mayor rapidez en reacción a los sonidos, los procesaban en un plazo de tiempo menor y necesitaban menos tiempo para «descansar» entre emisiones. Las neuronas más rápidas condujeron en última instancia a una velocidad de pensamiento mayor —algo muy importante— ya que la velocidad de pensamiento es un elemento crucial de la inteligencia. Los tests de cociente intelectual, como la vida, miden no sólo si somos capaces de identificar la respuesta correcta, sino también cuánto tiempo nos lleva hacerlo.

Asimismo llegaron a la conclusión de que cuando enseñaban a un animal una destreza determinada sus neuronas no sólo emitían a mayor velocidad, sino también con más claridad. Las neuronas más veloces eran más propensas a emitir de forma sincronizada —mejorando el trabajo de equipo— y a formar grupos que emitían señales más claras y potentes. Esto es algo crucial, ya que una señal potente tiene un impacto mayor en el cerebro. Cuando tratamos de recordar algo que hemos oído previamente necesitamos oírlo con claridad, ya que un recuerdo sólo puede llegar a ser tan claro como su señal original.

Por último, Merzenich descubrió que prestar atención resulta fundamental para la plasticidad a largo plazo. A lo largo de numerosos experimentos descubrió que los cambios duraderos ocurrían *sólo* cuando sus monos prestaban mucha atención. Cuando los animales realizaban tareas de manera automática, sin prestar la debida atención, sus mapas cerebrales cambiaban, pero dichos cambios no duraban. A menudo alabamos «la capacidad de multitarea», pero cuando somos capaces de aprender dividiendo nuestra atención ello no conduce a cambios duraderos en nuestros mapas cerebrales.

Cuando Merzenich era un niño, una prima hermana de su madre, maestra en Wisconsin, fue elegida profesora del año de todo Estados Unidos. Después de una ceremonia en la Casa Blanca, fue a Oregón a visitar a la familia de Merzenich.

«Mi madre», recuerda, «le hizo la clásica pregunta: "¿Cuáles son los principios docentes por los que te riges?" y su prima contestó: "Bueno, cuando llegan al colegio les evalúas y decides si tienen potencial. Y si lo tienen entonces les dedicas tu atención en lugar de perder el tiempo con los que no lo tienen". Eso es lo que

dijo y, ¿sabes?, de alguna manera eso está reflejado en la forma en que se ha tratado siempre a los niños que son diferentes. Es tan destructivo imaginar que tus recursos neurológicos son permanentes e inmutables y no pueden ser alterados y mejorados de forma sustancial...».

Merzenich conoció entonces el trabajo que llevaba a cabo Paula Tallal en Rutgers. Ésta había empezado a analizar por qué algunos niños tienen problemas para aprender a leer. Entre un 5 y un 10 por ciento de los niños en edad preescolar tienen una disfunción del lenguaje que les dificulta aprender a leer, escribir o incluso seguir instrucciones. En ocasiones se les considera disléxicos.

Los bebés empiezan a hablar practicando combinación de vocales y consonantes, «pa pa pa», «ma ma ma». En muchas lenguas sus primeras palabras son combinaciones de sílabas: «mamá», «papá», «pipí», etcétera. La investigación de Tallal demostró que niños con trastornos de aprendizaje tienen problemas para procesar adecuadamente sonidos de combinaciones comunes de consonante-vocal, aquellas que se pronuncian con rapidez y que podrían llamarse «segmentos básicos del habla». Los niños tienen problemas para oírlas con precisión y, por consiguiente, también para reproducirlas.

Merzenich estaba convencido de que las neuronas de la corteza auditiva de estos niños emitían demasiado lentamente, de forma que les era imposible distinguir entre dos sonidos muy similares o estar seguros, si dos sonidos se producían muy seguidos, cuál de ellos iba primero. A menudo no llegaban a oír el principio de las sílabas o los cambios de sonido dentro de ellas. Por regla general las neuronas, una vez que han procesado un sonido, están preparadas para emitir de nuevo tras un descanso de 30 milésimas de segundo. Al 80 por ciento de los niños con trastornos de lenguaje esta operación les llevaba al menos tres veces más tiempo, de manera que perdían grandes cantidades de información. Cuando se examinaron los patrones de emisión de sus neuronas se comprobó que las señales no eran claras.

«Eran borrosas por dentro y por fuera», afirma Merzenich. La mala audición provocaba trastornos en *todas* las destrezas lingüísticas, por lo que estos niños tenían problemas de vocabulario, comprensión, expresión oral y escrita. Puesto que dedicaban tanto tiempo a descifrar palabras, tendían a emplear frases más cortas y por tanto no ejercitaban su memoria con oraciones más largas. Sus

mecanismos del lenguaje eran infantiles, o «retardados» y necesitaban practicar la distinción de sílabas tan sencillas como «da da» o «ba ba».

Cuando Tallal detectó los verdaderos problemas de los niños, temió que éstos «estuvieran rotos, y que no hubiera posibilidades» de arreglar este defecto cerebral básico. Pero eso fue antes de que ella y Merzenich combinaran sus esfuerzos.

En 1996 Merzenich, Paula Tallal, Bill Jenkins y uno de los colegas de Paula, el psicólogo Steve Miller, formaron una sociedad, llamada Scientific Learning (Aprendizaje Científico), dedicada exclusivamente a investigar con neuronas para ayudar a personas con problemas a reeducar su cerebro.

Sus oficinas están en la Rotunda, una joya arquitectónica con forma de cúpula elíptica de cristal de más de 36 metros de altura. Los vértices están recubiertos de oro de 24 quilates y está en pleno centro de Oakland, California. Cruzar su umbral es entrar en un mundo nuevo. El personal de Scientific Learning incluye psicólogos infantiles, investigadores de plasticidad, expertos en motivaciones del ser humano, en trastornos del lenguaje, ingenieros, programadores y animadores. Desde sus mesas de trabajo los investigadores, bañados por la luz natural, pueden ver el cielo a través de la cúpula.

Fast ForWord es el nombre del programa de aprendizaje que han desarrollado para niños con trastornos del lenguaje y que ejercita todas y cada una de las funciones cerebrales que participan en el proceso lingüístico, desde descodificar sonidos hasta la comprensión oral y escrita, una especie de entrenamiento cerebral cruzado.

El programa ofrece ejercicios mentales de siete clases. Uno de ellos enseña a los niños a mejorar su capacidad de discernir sonidos breves de los largos. Una vaca atraviesa volando la pantalla del ordenador haciendo «muuu» y el niño tiene que atraparla con el cursor y mantenerla en su sitio pulsando el botón del ratón. Entonces, súbitamente, la duración del «muuu» cambia ligeramente y el niño debe soltar la vaca y dejarla seguir volando. El niño que consigue hacerlo dentro del segundo siguiente al cambio de sonido gana puntos. En otro juego, los niños aprenden a identificar combinaciones de vocal y consonante que a menudo confunden, tales como «ba» y «pa», primero más despacio que en el lenguaje

normal, y después gradualmente más rápido. Otro enseña a los pequeños a escuchar palabras con vocales largas que varían en intensidad (como «whoooop»), mientras que otro profesor les enseña a recordar y emparejar sonidos. Los «segmentos básicos del habla» se usan en todos los ejercicios, pero su velocidad de pronunciación se ha reducido mediante programas informáticos, de forma que los niños con deficiencias lingüísticas puedan oírlos y desarrollar los circuitos neuronales apropiados; después su velocidad se aumenta de forma gradual. Cada vez que se consigue un objetivo ocurre algo divertido; el personaje de la animación se come la respuesta, se indigesta y hace una mueca graciosa o un gesto inesperado que mantiene la atención del niño. Esta «recompensa» es un factor crucial del programa, porque cada vez que un niño es recompensado, su cerebro segrega neurotransmisores tales como dopamina y acetilcolina, que le ayudan a consolidar los cambios cerebrales que ha conseguido (la dopamina refuerza la sensación de recompensa y la acetilcolina ayuda al cerebro a «sintonizar» y agudizar recuerdos).

Aquellos niños con trastornos más leves suelen trabajar en *Fast ForWord* entre una hora y cuarenta minutos al día cinco días a la semana durante varias semanas; aquellos con trastornos más severos lo hacen durante ocho o doce semanas.

Los primeros resultados del estudio, publicados en la revista *Science* en enero de 1996, fueron notables. Niños con deficiencias lingüísticas habían sido divididos en dos grupos, uno que siguió el programa *Fast ForWord* y un grupo de control que trabajó con un juego informático similar pero que no entrenaba el procesamiento temporal ni empleaba habla modificada. Ambos grupos estaban compuestos por niños de edades, cociente intelectual y habilidad lingüística similares. Los que siguieron el programa *Fast ForWord* hicieron progresos significativos en habla estándar, en lenguaje y en tests de procesamiento auditivo y terminaron con puntuaciones lingüísticas por encima de lo normal, que conservaban seis semanas después de realizado el entrenamiento. Mejoraron mucho más que los niños del grupo de control.

Un estudio posterior siguió a 500 niños en entornos distintos: hospitales, casas y consultas de médicos. Todos se sometieron a tests lingüísticos estándar antes de seguir el programa *Fast ForWord.* El estudio demostró que la capacidad de la mayoría de los niños para comprender el lenguaje se normalizaba tras seguir el programa. En

muchos casos, su comprensión lingüística mejoraba hasta situarse por encima de lo normal. El niño medio avanzaba 1,8 años en cuanto a desarrollo lingüístico en seis semanas, un plazo considerablemente corto. Un equipo de la Universidad de Stanford realizó escáneres cerebrales a veinte niños disléxicos, antes y después de seguir el programa *Fast ForWord*. Los primeros escáneres revelaban que los niños empleaban para leer distintas partes del cerebro que los niños no disléxicos. Los realizados después de *Fast ForWord* mostraron que sus cerebros habían empezado a normalizarse (por ejemplo, habían desarrollado su actividad en la corteza temporo-parietal y sus escáneres mostraban indicios de patrones similares a los de niños sin problemas de capacidad lectora).

Willy Arbor es un niño de 7 años de Virginia Occidental. Es pelirrojo, pecoso, y miembro de los Boy Scouts. Le gusta ir al centro comercial y, aunque sólo mide 1 metro 20, le encanta la lucha libre. Acaba de seguir el programa *Fast ForWord* y su vida ha cambiado.

«El principal problema de Willy era escuchar con claridad lo que otros decían», me explica su madre. «Si yo le decía, por ejemplo "canta", él entendía "salta". Si había ruido de fondo le resultaba especialmente difícil oír. La etapa del jardín de infancia fue muy dura, su inseguridad saltaba a la vista y empezó a adoptar tics nerviosos, como chupar la ropa, o la manga, porque todos los demás niños conocían la respuesta a una determinada pregunta y él no. La profesora llegó a hablar de hacerle repetir el primer año». Willy también tenía problemas para leer, en voz alta y para sí mismo. Era incapaz de detectar cualquier cambio de entonación, de forma que no podía saber cuando alguien estaba haciendo una exclamación o simplemente una afirmación, lo que le hacía difícil percibir las emociones de la gente. Todo lo que oía le sonaba igual».

Tras visitar a un especialista en audición, éste diagnosticó que el problema de Willy tenía su origen en un desorden de procesamiento auditivo situado en el cerebro. Le costaba recordar secuencias de palabras porque su sistema auditivo se sobrecargaba fácilmente. «Si le dabas más de tres instrucciones a la vez, tales como "por favor, lleva tus zapatos arriba, mételos en el armario y baja a cenar", las olvidaba. Se quitaba los zapatos, subía las escaleras y preguntaba "Mamá ¿qué me has dicho?" Sus profesores tenían que repetirle las instrucciones todo el tiempo». Aunque parecía un niño inteligen-

te —era bueno en matemáticas— sus problemas de audición le impedían progresar en el colegio.

Su madre se negó a que Willy repitiera el primer curso y durante el verano le envió ocho semanas a *Fast ForWord.*

«Antes de que siguiera el programa», recuerda su madre, «cada vez que se sentaba frente a un ordenador, Willy se ponía muy nervioso. Con este programa, en cambio, pasó cien minutos al día durante ocho semanas frente a la pantalla. Le encantaba y le encantaba también el sistema de puntuación, porque veía que iba avanzando, haciendo progresos», dice la madre. Al poco tiempo fue capaz de percibir las inflexiones en el habla, mejoró su habilidad lectora así como su capacidad de interpretar las emociones de los demás y se volvió un niño más tranquilo. «Las cosas cambiaron por completo. Cuando traía sus exámenes a casa decía "Mejor que el del año pasado, mamá". Empezó a sacar sobresalientes y notables, un cambio radical; ahora era capaz de hacer las cosas. Esta nota la he sacado yo, soy capaz de hacerlo mejor». Para mí fue la respuesta a mis oraciones. Es increíble cómo le ha ayudado el programa». Un año después, Willy continúa mejorando.

El equipo de Merzenich pronto se enteró de que *Fast ForWord* conseguía resultados que excedían a sus objetivos iniciales. La caligrafía de los niños mejoraba y muchos padres hablaban de que sus hijos empezaban a demostrar mayor capacidad de atención y concentración. Merzenich pensaba que ello se debía a que *Fast ForWord* mejoraba de forma general los procesos mentales.

Una de las actividades más importantes del cerebro —y a la que rara vez prestamos atención— es determinar cuánto duran las cosas o, lo que es lo mismo, el procesamiento temporal. Si no somos capaces de determinar cuánto duran las cosas entonces no podemos movernos, percibir las cosas o predecirlas de forma adecuada. Merzenich descubrió que cuando se entrena a personas para que distingan vibraciones muy rápidas en su la piel, de sólo 75 milésimas de segundo de duración, estas mismas personas eran también capaces de detectar *sonidos* de 75 milésimas de segundo de duración. Parecía que *Fast ForWord* estaba mejorando la capacidad general del cerebro para medir el tiempo. En ocasiones estas mejoras se extendían también al procesamiento visual. Antes de *Fast ForWord,* cuando Willy jugó a un juego en el que tenía que señalar una serie de objetos que estaban fuera de su sitio —una bota colgada de

un árbol o una lata en el tejado— sus ojos saltaron de un lado a otro de la página. Intentaba ver toda la página en lugar de centrarse en una sección cada vez. En el colegio también se saltaba líneas al leer. Después de *Fast ForWord* era capaz de centrar su atención visual.

Una serie de niños que hicieron test estándares poco tiempo después de seguir el programa demostraron haber mejorado no sólo en destrezas lingüísticas, sino también en matemáticas, ciencias naturales y sociales. Tal vez lo que ocurría era que estos niños ahora oían mejor lo que pasaba en clase o eran capaces de leer mejor, pero Merzenich pensaba que había una explicación más compleja.

«Su cociente intelectual había subido», me explicó. «Les hicimos el test matriz, que se basa en la medición *visual* del cociente intelectual; y éste había subido».

El hecho de que el componente *visual* del cociente hubiera subido quería decir que la mejoría no estaba causada únicamente porque *Fast ForWord* hubiera aumentado la capacidad de los niños para entender preguntas verbales. Su procesamiento mental estaba mejorando de forma generalizada, posiblemente porque su procesamiento temporal también lo estaba haciendo. Y ahí es donde entraban nuevos e inesperados beneficios. Algunos niños con autismo empezaron a hacer progresos.

El misterio del autismo —una mente humana incapaz de concebir otras mentes— es uno de los más desconcertantes y tristes del campo de la psiquiatría y uno de los trastornos de desarrollo infantil más graves. Se le llama «desorden extendido del desarrollo», porque afecta a múltiples aspectos del desarrollo: la inteligencia, la percepción, la habilidad para relacionarse socialmente, el lenguaje y las emociones.

La mayoría de los niños autistas tienen un cociente intelectual inferior a 70 y graves problemas para relacionarse con otros e incluso, en los casos más agudos, tratan a las personas como si fueran objetos inanimados, sin saludarlas ni reconocer su presencia. En ocasiones los autistas dan la impresión de no saber que en el mundo existen «otras mentes». También tienen problemas de procesamiento perceptivo y por tanto son hipersensibles al sonido y al tacto, a la sobrecarga de estímulos (ésa puede ser una de las razones por las que los niños autistas a menudo evitan el contacto vi-

sual: los estímulos procedentes de otras personas, en especial cuando proceden de varios sentidos a la vez, les resultan demasiado intensos). Sus redes neuronales parecen hiperactivas y muchos de ellos sufren también epilepsia.

Puesto que muchos niños autistas tienen trastornos del lenguaje, sus terapeutas empezaron a recomendarles que siguieran el programa *Fast ForWord*, sin imaginarse lo que llegaría a ocurrir. Cuando los padres de los niños autistas que siguieron *Fast ForWord* contaron a Merzenich que sus hijos habían empezado a relacionarse socialmente éste les preguntó si los niños estaban siendo entrenados simplemente para mejorar su atención auditiva. Y quedó fascinado por el hecho de que con *Fast ForWord* los trastornos lingüísticos y los propios del autismo parecían desaparecer de forma simultánea. ¿Significaba esto que los desórdenes del lenguaje y del autismo eran distintas manifestaciones de un mismo problema?

Dos estudios realizados con niños autistas confirmaron las sospechas de Merzenich. El primero, un estudio lingüístico demostró rápidamente que *Fast ForWord* solucionaba las deficiencias de lenguaje en niños autistas. Pero el segundo, un estudio piloto con 100 niños autistas, demostró que el programa tenía también un impacto significativo en sus síntomas de autismo. Mejoraba su atención y también su sentido del humor. Se relacionaban mejor con los demás, desarrollaban contacto visual y empezaban a saludar y a dirigirse a la gente por su nombre, hablaban con otras personas y decían adiós cuando terminaban. Todo indicaba que estos niños empezaban a experimentar el mundo como un lugar habitado por otras mentes humanas.

A Lauralee, de 8 años, le diagnosticaron autismo moderado cuando tenía 3. Ahora, a los 8, prácticamente no usaba lenguaje para expresarse. No contestaba a su nombre ni a sus padres, era como si no oyera lo que le decían. En ocasiones hablaba, pero cuando esto ocurría «usaba su propio lenguaje», dice su madre, «que era ininteligible». Por ejemplo, si quería zumo no lo pedía, sino que se limitaba a hacer gestos y a tirar de sus padres hacia la despensa.

Presentaba otros síntomas de autismo, entre ellos, los movimientos repetitivos con los que los niños autistas tratan de sobreponerse a su sensación de estar abrumados. Según su madre, Lauralee tenía «los síntomas clásicos: agitar las manos, caminar sobre

las puntas de los pies, morder... Y era incapaz de transmitirme cómo se sentía».

Le gustaban mucho los árboles y cuando sus padres la llevaban de paseo por las tardes para que quemara energías a menudo se detenía para tocar un árbol, abrazarlo y hablar con él.

Lauralee era hipersensible a los sonidos. «Tenía oídos biónicos», dice su madre. «Cuando era pequeña a menudo se los tapaba con las manos y no soportaba determinada música, como la clásica o las melodías lentas». En la consulta de su pediatra podía oír sonidos procedentes de la planta de arriba que otros no percibían y en casa solía llenar los lavabos de agua y quedarse escuchando el agua mientras desaparecía por el desagüe.

El padre de Lauralee está en la Marina y sirvió en la guerra de Irak en 2003. Cuando toda la familia se trasladó a California, Lauralee empezó a ir a una escuela pública donde asistía a unas clases especiales que empleaban *Fast ForWord*. Tardó ocho semanas en completar el programa a un ritmo de dos horas diarias. Cuando lo terminó «tuvo una especie de explosión lingüística», explica su madre «y empezó a hablar más y a emplear frases completas. Me contaba lo que había hecho en el colegio. Antes yo me limitaba a preguntarle: "¿Has tenido un buen día o uno malo?" En cambio ahora era capaz de decirme si lo había tenido sin necesidad de que yo se lo sonsacara. También le resultaba más fácil recordar cosas». A Lauralee siempre le ha encantado leer, pero ahora puede leer libros más largos, incluso de ensayo y enciclopedias. «Ahora no es tan sensible a los sonidos y tolera mejor la radio», cuenta su madre. «Fue como un despertar para ella, y también para nosotros, ahora que podíamos comunicarnos con ella. Una auténtica bendición».

Merzenich decidió que para profundizar en el conocimiento del autismo y en los múltiples retrasos en el desarrollo que éste causa, debía regresar al laboratorio. Pensaba que lo idóneo sería producir un «animal autista», uno que presentara trastornos múltiples de desarrollo, como los niños autistas. Entonces podría estudiarlo y tratarlo.

Conforme Merzenich empezó a reflexionar sobre lo que él llama la «catástrofe infantil» del autismo, tuvo una corazonada de que algo podía ir mal en la infancia, cuando se da el periodo crítico, la plasticidad está en su punto álgido y el niño debería de estar ex-

perimentando un gran desarrollo. Pero el autismo es en gran medida una enfermedad hereditaria. Si uno de dos gemelos idénticos (univitelinos) es autista existe un 80 por ciento de posibilidades de que su hermano también lo sea. En casos de gemelos fraternos (bivitelinos) en los que uno de ellos es autista, el otro, aunque no lo sea, presentará problemas de lenguaje y de relación social.

Y sin embargo los casos de autismo están experimentando una tasa de aumento que la genética por sí sola no puede explicar. Cuando la enfermedad se diagnosticó por primera vez hace alrededor de 40 años, aproximadamente una de cada 5.000 personas lo padecía, mientras que ahora la proporción es de 15 entre 5.000. Ello se debe en parte a que ahora el autismo se diagnostica más y a que a algunos niños se les diagnostica un autismo leve para así tener más casos y reunir más fondos públicos para combatir la enfermedad. «Pero», dice Merzenich, «incluso después de suprimidos los casos leves, todo indica que el número de enfermos de autismo se ha triplicado durante los últimos 15 años y que los factores de riesgo asociados al autismo deben considerarse un emergencia de orden mundial». En su opinión es probable que exista un factor ambiental que afecta a los circuitos neuronales de estos niños, forzando los periodos críticos a cerrarse de forma prematura antes de que los mapas mentales estén definidos por completo. Cuando nacemos nuestros mapas cerebrales son a menudo «simples borradores» o bocetos, sin detalle, *indiferenciados;* entonces, en el periodo crítico, cuando su estructura va tomando literalmente forma, este borrador se vuelve detallado y diferenciado.

Merzenich y su equipo usaron la microcartografía para demostrar cómo los mapas de ratas recién nacidas se forman durante el periodo crítico. Nada más nacer, en el principio de dicho periodo, los mapas auditivos eran indiferenciados, con la corteza dividida en dos grandes mitades, una que respondía a cualquier *alta* frecuencia y la otra a cualquier *baja* frecuencia. Cuando se exponía al animal a una frecuencia concreta durante el periodo crítico esa organización tan simple cambiaba. Si el animal era expuesto de forma repetida a un Mi agudo, trascurrido un rato sólo unas pocas de sus neuronas se activaban y se volvían *selectivas* para dicha nota, y lo mismo ocurría si se exponía al animal a un fa, un sol, y la, etcétera. Ahora su mapa cerebral, en lugar de estar dividido en dos amplias regiones, presentaba muchas diferentes, cada una de las cuales respondía a una nota musical. Era un mapa diferenciado.

Lo que resulta notable de la corteza cerebral durante el periodo crítico es que es tan plástica que su estructura puede cambiar con sólo estar expuesta a nuevos estímulos. Dicha sensibilidad permite a los bebés y a niños muy pequeños durante el periodo crítico del desarrollo lingüístico aprender sin esfuerzo alguno palabras y sonidos nuevos, con sólo oírlos a sus padres. Basta la exposición para que sus circuitos cerebrales se reestructuren por completo. Pasado el periodo crítico, los niños más mayores y adultos pueden, por supuesto, aprender nuevas palabras y nuevos sonidos; pero para ello deben *esforzarse* en prestar atención. Para Merzenich la diferencia estriba en que durante el periodo crítico los mapas cerebrales pueden modificarse con sólo estar expuestos al mundo porque «la maquinaria de aprendizaje está continuamente en marcha».

Esto tiene sentido desde el punto de vista biológico, porque los bebés no pueden desde luego distinguir lo importante de lo que no lo es, de forma que prestan atención a todo. Sólo un cerebro organizado puede discernir lo esencial de lo superfluo.

La siguiente pista que Merzenich necesitaba para comprender el autismo procedía de una línea de investigación abierta durante la Segunda Guerra Mundial, en la Italia de Mussolini, por una mujer judía llamada Rita Levi-Montalcini mientras permanecía oculta de la persecución. Levi-Montalcini había nacido en Turín en 1909 y estudiado Medicina en esta misma ciudad. En 1938, cuando Mussolini prohibió que los judíos estudiaran Medicina o hicieran investigación científica, huyó a Bruselas para continuar con sus estudios; cuando los nazis amenazaron con tomar Bélgica, regresó a Turín y montó un laboratorio secreto en su dormitorio para estudiar la formación de los nervios fabricando instrumental de microcirugía con agujas de coser. Cuando los Aliados bombardearon Turín en 1940, huyó al Piamonte. Un día de 1940, mientras viajaba a una pequeña aldea en el norte de Italia sentada en el suelo de un ferrocarril de carga convertido en tren de pasajeros leyó un artículo científico escrito por Viktor Hamburger, pionero en el estudio del desarrollo neuronal con sus experimentos con embriones de pollo. Levi-Montalcini decidió entonces repetir y ampliar sus experimentos, para lo que instaló una mesa de trabajo en una casa en la montaña con huevos que le proporcionaba un granjero de la localidad. Cada vez que terminaba un experimento, se co-

mía los huevos. Terminada la guerra, Hamburger invitó a Levi-Montalcini a unirse a su equipo de investigación en St. Louis para trabajar en su descubrimiento de que las fibras nerviosas de los pollos se desarrollaban más deprisa en presencia de tumores procedentes de ratones. Levi-Montalcini proponía que el tumor podía emitir una sustancia que favorecía el crecimiento de los nervios. En colaboración con el bioquímico Stanley Cohen, aisló la proteína responsable y la llamó factor del crecimiento nervioso o NGE. Ambos recibieron el Premio Nobel en 1986.

El trabajo de Levi-Montalcini condujo al descubrimiento de varios factores de crecimiento nervioso, uno de los cuales, el BDNF (factor neurotrófico derivado del cerebro), llamó la atención de Merzenich. El BDNF desempeña un papel crucial a la hora de reforzar los cambios plásticos que se producen en el cerebro durante el llamado periodo crítico. Según Merzenich, lo hace de cuatro maneras diferentes.

Cuando realizamos una actividad que requiere que neuronas específicas emitan a la vez, éstas liberan BDNF. Este factor de crecimiento consolida las conexiones entre estas neuronas y las ayuda a conectarse para que, en el futuro, emitan siempre de forma simultánea y correcta. El BDNF también favorece el crecimiento de la sustancia grasa (mielina) que recubre cada neurona y que acelera la transmisión de señales eléctricas.

Durante el periodo crítico el BDNF activa el núcleo basal, la parte de nuestro cerebro que nos permite centrar nuestra atención, y *continúa haciéndolo durante todo el periodo crítico.* Una vez activado, al núcleo basal nos ayuda no sólo a prestar atención sino también a recordar lo que estamos experimentando. Hace posible que los mapas cerebrales se vuelvan diferenciados y que los cambios en los mismos tengan lugar sin esfuerzo alguno. Como me explicó Merzenich: «Es como un profesor que estuviera alojado dentro del cerebro que dijera: "Esto es lo *verdaderamente* importante, esto es lo que tienes que aprender para el examen de la vida"». Merzenich se refiere al núcleo basal y al sistema de atención como el «sistema modulatorio de control de la plasticidad, el sistema neuroquímico que, una vez activado, coloca al cerebro en una situación extremadamente plástica».

La cuarta y última función que desempeña el BDNF una vez ha terminado de reforzar las conexiones clave entre neuronas, es ayudar a cerrar el periodo crítico. Una vez están hechas las prin-

cipales conexiones neuronales es necesaria la estabilidad y, por tanto, que el sistema sea menos plástico. Cuando se libera BDNF en cantidades suficientes, éste desconecta el núcleo basal y pone así fin a esa etapa mágica de aprendizaje sin esfuerzo. A partir de ese momento el núcleo basal sólo puede activarse cuando sucede algo importante, sorprendente o novedoso, o cuando tenemos que esforzarnos para prestar atención.

Los trabajos de Merzenich sobre el periodo crítico y el BDNF le ayudaron a desarrollar una teoría que explica aquella afirmación de que muchos problemas distintos podrían ser parte de un todo autista. En su opinión, durante el periodo crítico algunas situaciones sobreestimulan las neuronas de niños genéticamente predispuestos al autismo, provocando *la liberación prematura y en grandes cantidades de BDNF.* Lo que ocurre es que, en lugar de reforzarse únicamente las conexiones *importantes* entre neuronas, *todas* lo hacen y es tal la cantidad de BDNF liberado que pone fin al periodo crítico de forma prematura, sellando todas estas conexiones en su sitio y dejando al niño con mapas cerebrales indiferenciados y, por tanto, con extensos trastornos de desarrollo. Sus cerebros son hiperexcitables e hipersensibles; con sólo oír una secuencia sonora toda su corteza auditiva comienza a emitir señales. Eso parecer ser lo que le ocurría a Lauralee, quien tenía que taparse sus oídos «biónicos» cada vez que oía música. Otros niños autistas son hipersensibles al tacto y sufren cada vez que las etiquetas de la ropa les rozan la piel. La teoría de Merzenich también explica los elevados índices de epilepsia en pacientes con autismo: debido a la segregación excesiva de BDNF los mapas cerebrales están escasamente delimitados y puesto que demasiadas conexiones neuronales se han visto reforzadas de forma indiscriminada, una vez que unas pocas neuronas empiezan a emitir todo el cerebro puede dispararse. También explicaría por qué los niños autistas tienen cerebros de mayor tamaño, ya que el BDNF aumenta la mielina que recubre las neuronas.

Si la segregación de BDNF contribuía al autismo y a los problemas de lenguaje, Merzenich necesitaba entender qué podría causar que neuronas jóvenes se «sobreestimularan» y liberaran gran cantidad de esta sustancia química. Varios estudios sobre autismo infantil le alertaron de hasta qué punto el factor ambiental podría ayudar a ello. Uno particularmente inquietante demostraba que

cuánto más cerca vivían los niños del ruidoso aeropuerto de Francfort, Alemania, menor era su inteligencia. Un estudio similar realizado en niños que habitaban viviendas de protección oficial sobre la autopista Dan Ryan, de Chicago, encontró que cuanto más cerca estaba su casa de la autopista menor era su inteligencia. Así que Merzernich empezó a considerar un factor de riesgo ambiental como algo que puede afectarnos a todos, pero especialmente a niños predispuestos genéticamente: el llamado ruido de fondo procedente de las máquinas que en ocasiones se conoce como ruido blanco, que consiste de muchas frecuencias y es altamente estimulante para la corteza auditiva.

«Los niños crecen en entornos siempre ruidosos. Hay siempre un runrún», dice. El ruido blanco está hoy por todas partes, procede de nuestros electrodomésticos, instalaciones de aire acondicionado, coches, calefacciones... ¿Cómo puede afectar este ruido a la corteza auditiva?, se preguntaba Merzenich.

Para averiguarlo, su equipo sometió a crías de rata a pulsaciones acústicas de ruido blanco durante su periodo crítico y encontró que sus cortezas resultaban destrozadas por completo. «Cada vez que percibimos una pulsación», explica Merzenich, «estamos estimulando toda la corteza auditiva, cada neurona». Así que todas las neuronas emitiendo a la vez conducen a una liberación masiva de BDNF y, tal y como predecía su hipótesis, esta exposición hace que el periodo crítico concluya antes de tiempo. Los animales salían del experimento con mapas cerebrales indiferenciados y neuronas totalmente indiscriminadas que emitían ante cualquier frecuencia.

Merzenich descubrió además que las crías de rata, al igual que los niños autistas, tenían predisposición a la epilepsia y que exponerlas al habla normal les provocaba ataques (a las personas epilépticas, las luces estroboscópicas que se utilizan en los conciertos de rock pueden producirles ataques. Las luces de este tipo son emisiones pulsátiles de luz blanca y consisten de muchas frecuencias). Ahora Merzenich tenía su modelo animal para el autismo.

Escáneres cerebrales recientes han confirmado que los niños autistas procesan el sonido de forma anormal. Merzenich piensa que su corteza indiferenciada ayuda a explicar por qué tienen dificultades para aprender, porque un niño con corteza indiferenciada tiene grandes dificultades para centrar su atención. Cuando se les pide que se concentren en una cosa, estos niños a menudo

tienden a crear una especie de caparazón bajo el que ocultarse de los demás. Merzenich opina que este mismo problema, en una versión atenuada, pude contribuir a trastornos de atención más comunes.

Ahora la cuestión era ¿puede hacerse algo para normalizar mapas cerebrales indiferenciados una vez terminado el periodo crítico? Si su equipo y él eran capaces de encontrarlo, entonces habría esperanza para los niños autistas.

Primero, y ayudados de ruido blando, desdiferenciaron los mapas auditivos de ratas. Después, una vez que el daño estaba hecho, normalizaron y rediferenciaron dichos mapas con ayuda de tonos muy simples, uno a la vez. Después de varias sesiones consiguieron que los mapas hubieran recuperado, incluso superado, la normalidad. «Y eso», dice Merzenich, «es exactamente lo que queremos hacer con los niños autistas». En la actualidad está desarrollando una versión de *Fast ForWord*, el programa que ayudó a Lauralee, especial para tratar el autismo.

¿Qué pasaría si fuera posible reabrir el periodo crítico de plasticidad de manera que los adultos fueran capaces de aprender nuevas lenguas de la forma que lo hacen los niños? Merzenich ya había demostrado que la plasticidad se prolonga hasta la edad adulta y con trabajo: prestando atención podemos reeducar nuestro cerebro. Pero ahora se preguntaba: ¿Podía prolongarse el periodo de aprendizaje sin esfuerzo?

El aprendizaje durante el periodo crítico no requiere esfuerzo porque durante ese periodo el núcleo basal está siempre activado. De manera que Merzenich y su joven colega Michael Kilgard prepararon un experimento en el que activaron artificialmente el núcleo basal de ratas adultas y las pusieron a aprender tareas que requerían atención sin ofrecerles recompensa alguna.

Insertaron microelectrodos en los núcleos basales y emplearon corriente eléctrica para activarlos. A continuación expusieron a las ratas a una frecuencia de 9 herzios para ver si podían, sin esforzarse, desarrollar un mapa cerebral para la tarea, de igual forma que las crías hacían durante el periodo crítico. Pasada una semana Kilgard y Merzenich descubrieron que podían expandir el cerebro de forma *masiva* para esa frecuencia de sonido específica.

Habían descubierto una forma artificial de reabrir el periodo crítico en adultos.

Entonces emplearon la misma técnica para acelerar el tiempo de procesamiento de información del cerebro. Por regla general, las neuronas auditivas sólo responden a tonos a un máximo de 12 pulsaciones por segundo. Al estimular su núcleo basal, era posible «educar» a las neuronas para que respondieran a un número mayor de pulsaciones por segundo.

Este trabajo abría la posibilidad de aprender a gran velocidad en edad adulta. El núcleo basal podía activarse mediante un electrodo, mediante la microinyección de ciertos compuestos químicos o con medicamentos. Resulta difícil imaginar que las personas —para mejor o para peor— no se sientan atraídas por una tecnología que les facilite aprender historia, ciencias o una profesión con relativamente poco esfuerzo, simplemente siendo expuestas a estas materias por un plazo de tiempo breve. Basta imaginar a inmigrantes recién llegados a un nuevo país y siendo capaces de aprender la nueva lengua con facilidad y sin acento, en cuestión de meses. Imaginemos también cómo cambiaría la vida de las personas mayores que han perdido su trabajo, si fueran capaces de adquirir nuevas destrezas con la misma facilidad que los niños. Estas técnicas podrían usarse sin duda en estudiantes de secundaria y universitarios, así como en exámenes de acceso (en la actualidad muchos estudiantes que no padecen trastornos de atención recurren a estimulantes para estudiar mejor). Por supuesto estas intervenciones tan agresivas pueden tener efectos adversos y todavía desconocidos sobre el cerebro —por no mencionar cómo afectarían a nuestra capacidad de disciplina— pero en todo caso es probable que lleguen a ser casos pioneros en cuadros médicos de gravedad, con pacientes dispuestos a asumir los posibles riesgos. Activar el núcleo basal podría ayudar a pacientes con daños cerebrales, muchos de los cuales no son capaces de reaprender destrezas como leer, escribir, hablar o incluso caminar porque no pueden prestar la atención necesaria.

Merzenich ha puesto en marcha una nueva compañía, Posit Science, dedicada a ayudar a las personas a conservar la plasticidad de sus cerebros con la edad y a prolongar así su esperanza de vida mental. Tiene 61 años, pero no le importa referirse a sí mismo como una

«persona mayor». «Me encanta la gente mayor. Siempre me ha encantado. Es probable que mi persona preferida sea mi abuelo paterno, una de las tres personas más inteligentes e interesantes que he conocido en toda mi vida». El abuelo Merzenich llegó a Estados Unidos procedente de Alemania a la edad de 9 años en uno de los últimos barcos de inmigrantes. Fue autodidacta, arquitecto y contratista de obras. Vivió hasta los 79 años en una época donde la esperanza de vida rondaba los 40.

«Se calcula que, para cuando alguien que tiene ahora 64 años muera, la esperanza de vida será de ochenta y muchos. Bien, cuando uno tiene 85 años existe un 47 por ciento de probabilidades de que enferme de Alzheimer». Se ríe. «De manera que hemos creado esta extraña situación en la que estamos manteniendo a las personas vivas el tiempo suficiente para que más o menos la mitad de ellas contraiga esta enfermedad antes de morir. Así que tenemos que hacer algo respecto a la esperanza de vida mental, extenderla de modo que coincida con la esperanza de vida física».

Merzenich opina que el hecho de que descuidemos todo aprendizaje intensivo conforme nos hacemos mayores conduce a que los sistemas del cerebro que se ocupan de modular, regular y controlar la plasticidad terminen por desaparecer. Para contrarrestarlo ha desarrollado ejercicios mentales para combatir el deterioro cognitivo relacionado con la edad, es decir, el deterioro de la memoria, el pensamiento y la velocidad de procesamiento. Y su forma de hacerlo va en contra de la corriente imperante en la neurociencia actual. Decenas de miles de artículos sobre los cambios físicos y químicos que ocurren en un cerebro que envejece describen los procesos que tienen lugar conforme van muriendo las neuronas. Existen multitud de fármacos en el mercado, y más aún en preparación en los laboratorios, diseñados para bloquear estos procesos y aumentar los niveles de sustancias químicas en el cerebro. Pero Merzenich cree que dichos fármacos, cuya venta reportará miles de millones, sólo proporcionan entre cuatro y seis meses de mejoría.

«Y eso está francamente mal», dice. «Porque deja de lado lo que es necesario para *mantener* las destrezas y capacidades normales... Es como si éstas, adquiridas por nuestro cerebro en algún momento de la infancia, estuvieran destinadas a deteriorarse conforme lo hace el cerebro físico». El enfoque mayoritario, argumenta, no se basa en un entendimiento real de lo que es preciso para desarrollar una destreza nueva, y mucho menos en lo necesario para

mantenerla. «Se da por hecho», continúa, «que si se manipulan los niveles del neurotransmisor adecuado... se recuperará la memoria y la cognición volverá a ser operativa, y una persona mayor volverá a moverse otra vez con la agilidad de una gacela».

Este enfoque no tiene en cuenta lo que hace falta para tener una buena memoria. La razón principal de la pérdida de memoria que sobreviene cuando envejecemos es que nos resulta difícil *registrar* nuevos acontecimientos en nuestro sistema nervioso porque la velocidad de procesamiento se ralentiza, de manera que la precisión, la fuerza y la agudeza con la que percibimos también se deterioran. Y si no somos capaces de registrar algo con claridad entonces tampoco podremos recordarlo.

Tomemos uno de los problemas más comunes de la edad avanzada, la dificultad para encontrar las palabras adecuadas. En opinión de Merzenich esto se debe a menudo al descuido gradual y a la atrofia del sistema de atención del cerebro y del núcleo basal, que deben estar inmersos en cambios plásticos para funcionar. Esta atrofia produce que cuando hablamos lo hagamos con «engramas (rastros) borrosos», es decir, que nuestra representación de sonidos y palabras no es clara porque las neuronas que codifican estos engramas borrosos no están emitiendo de forma rápida y coordinada, algo necesario para enviar una señal distintiva. Puesto que las neuronas que representan el habla emiten señales borrosas a todas las demás, entonces también tenemos problemas para recordar, encontrar y utilizar las palabras adecuadas. Es parecido al problema que, como ya vimos, acontece en el cerebro de los niños con desórdenes del lenguaje, que también tienen «cerebros ruidosos».

Cuando nuestro cerebro es «ruidoso» la señal necesaria para almacenar un nuevo recuerdo no puede competir con la actividad eléctrica de fondo del cerebro, desencadenando un «problema de señal-ruido». Merzenich cree que el sistema se vuelve ruidoso por dos motivos. En primer lugar porque, como todo el mundo sabe, «todo se va gradualmente a hacer puñetas». Pero la razón principal es que «el cerebro no está siendo ejercitado correctamente». El núcleo basal, encargado de segregar acetilcolina —que, como ya dijimos, ayuda al cerebro a «sintonizarse» y formar recuerdos claros— ha sido descuidado por completo. En una persona con ligeras deficiencias cognitivas la acetilcolina producida en el núcleo basal ni siquiera puede medirse.

«En la infancia vivimos un periodo de aprendizaje intenso. Cada dia trae cosas nuevas y después, con nuestros primeros trabajos, estamos ocupados aprendiendo y adquiriendo nuevas destrezas y habilidades. Pero a partir de ahí lo que hacemos durante el resto de nuestras vidas es sobre todo ejercitar destrezas y habilidades ya sabidas».

Desde el punto de vista psicológico, la mediana edad es a menudo idónea porque puede suponer un periodo de relativa placidez comparado con lo anterior. Nuestros cuerpos no cambian como lo hacían durante la adolescencia; es muy probable que tengamos ya un conocimiento sólido de lo que somos y hayamos aprendido un oficio o profesión. Todavía nos consideramos personas activas, pero tendemos a engañarnos pensando que seguimos aprendiendo cosas nuevas, como antes. Rara vez acometemos tareas que requieran centrar nuestra atención con tanto esfuerzo como cuando éramos jóvenes y tratábamos de adquirir nuevo vocabulario o aprender nuevas destrezas. Actividades tales como leer el periódico, practicar nuestra profesión de toda la vida o hablar nuestra lengua materna no son más que la repetición de destrezas que ya dominamos, no verdadero aprendizaje. Y para cuando cumplimos los 70 resulta que durante 50 años no hemos ejercitado los sistemas cerebrales encargados de regular la plasticidad.

Por eso aprender una nueva lengua a una edad avanzada resulta tan útil para mejorar y mantener la memoria en general. Puesto que requiere centrar mucho la atención, aprender una lengua activa el sistema de control de plasticidad y lo mantiene en buena forma para almacenar recuerdos de todo tipo. Sin duda *Fast ForWord* es responsable de muchas mejorías generales relacionadas con la actividad de pensar, en parte porque estimula el sistema de control de la plasticidad de manera que mantenga su producción de acetilcolina y dopamina. Todo aquello que requiere concentración ayudará a este sistema: el aprendizaje de nuevas actividades físicas que requieren concentración, resolver complicados rompecabezas o cambiar de profesión. El mismo Merzenich es partidario de aprender lenguas a edad avanzada. «Gradualmente conseguiremos agudizar *todo* de nuevo, y ello nos resultara muy beneficioso».

Lo mismo ocurre con la movilidad. Basta practicar los bailes que aprendimos años atrás para mantener en forma nuestra corteza motora, pero mantener la mente viva requiere algo realmente *nuevo* y que precise intensa concentración. Es lo que nos permi-

tirá asimilar nuevos recuerdos y tener un sistema que pueda acceder con facilidad a éstos y a los viejos.

Los 36 científicos de Posit Science trabajan en la actualidad en cinco áreas que tienden a deteriorarse cuando envejecemos. La clave a la hora de desarrollar ejercicios es proporcionar al cerebro los estímulos adecuados y en el orden correcto con la temporización suficiente para que se produzca el cambio plástico. Parte del desafío científico reside en encontrar la manera más eficiente de entrenar el cerebro, hallando la manera de entrenar aquellas funciones mentales que tengan aplicación práctica en la vida real.

Merzenich me dijo: «Todo lo que vemos que puede ocurrir en un cerebro joven puede ocurrir también en uno más viejo». El único requisito es que la persona reciba la suficiente estimulación positiva o negativa para que permanezca atento a lo que de otra manera no sería mas que una aburrida sesión de trabajo. Si eso ocurre, añade, «los cambios pueden ser tan grandes como los que se dan en el cerebro de un recién nacido».

Posit Sicence tiene ejercicios para la memorización de palabras y lenguaje que usan material parecido al del programa *Fast ForWord*, juegos de ordenador para la memoria auditiva, pero están diseñados para adultos. En lugar de dar a personas con memoria deteriorada listas de palabras que deben aprender, tal y como recomiendan muchos manuales de autoayuda, estos ejercicios reconstruyen la capacidad básica del cerebro para procesar sonidos, haciendo que los alumnos escuchen palabras pronunciadas a un ritmo lento. Merzenich no cree que sea posible mejorar una memoria que falla preguntando a las personas afectadas lo que pueden o no pueden hacer. «No buscamos ejercitar caballos muertos», dice. «Los adultos hacen ejercicios que perfeccionan su capacidad de oír de una forma que no han conocido desde que estaban en la cuna, tratando de distinguir la voz de su madre del ruido ambiental. Los ejercicios aumentan la velocidad de procesamiento y fortalecen, agudizan y hacen más precisas las señales básicas, al tiempo que estimulan al cerebro para que produzca dopamina y acetilcolina.

Estos ejercicios de memoria están siendo probados en varias universidades, que emplean para ello tests de memoria estándar, y Posit Science ha publicado su primer estudio de control en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA.* Adultos de edades comprendidas entre 60 y 87 años trabajan con el programa de memoria auditiva una hora diaria, cinco días a la semana, en-

tre ocho y diez semanas hasta un total de 40 o 50 horas de trabajo. Antes del entrenamiento los sujetos obtenían resultados concordantes con la media de personas de 70 años. Después, los resultados correspondían a personas de entre 40 y 60 años. Por lo tanto muchos retrocedieron en el reloj de la memoria 10 o más años, y alguno incluso 25. Estas mejorías se mantuvieron durante un periodo de seguimiento de tres meses de duración. Un grupo de la Universidad de California, en Berkeley, conducido por William Jagust realizó tomografías de emisión de positrones «antes» y «después» de personas que siguieron el programa y encontró que sus cerebros no mostraban indicios del «declive metabólico» —cuando las neuronas se vuelven menos activas de forma gradual— propio de personas de su edad. El estudio también comparaba sujetos de 71 años que seguían el programa de memoria auditiva con otros de su misma edad que pasaban ese tiempo leyendo el periódico, escuchando audiolibros o jugando en el ordenador. Aquellos que no usaban el programa mostraron declive metabólico en sus lóbulos frontales, mientras que los que lo usaban, no. Es más, los usuarios del programa mostraron un incremento de la actividad metabólica en el lóbulo parietal derecho y en otras regiones cerebrales, que se correspondían con un mejor rendimiento en los tests de memoria y atención. Estos estudios mostraban que los ejercicios mentales nos sólo ralentizaban el deterioro cognitivo relativo a la edad sino que pueden conducir a un mejor funcionamiento. Y no hay que olvidar que estos cambios se observaron sólo después de 40 o 50 horas de ejercicios; pudiera ser que a mayor tiempo de entrenamiento, mayor cambio.

Merzenich afirma que han sido capaces de invertir el reloj del funcionamiento cognitivo de las personas de manera que su memoria, su capacidad de solucionar problemas y sus destrezas lingüísticas se han rejuvenecido. «Hemos ayudado a la gente a recuperar capacidades propias de alguien mucho más joven, incluso 20 o 30 años. Una persona de 80 puede actuar ahora como si tuviera 50 o 60». Estos ejercicios están ahora disponibles en 30 residencias para la tercera edad y también en la página web de Posit Science.

La compañía también trabaja sobre el procesamiento visual. A medida que envejecemos dejamos de ver claramente, no sólo porque nos falla la vista, sino porque también lo hacen los procesadores visuales de nuestro cerebro. Las personas mayores se dis-

traen con mayor facilidad y tienen mayor tendencia a perder el control de su «atención visual». Por eso Posit Science está desarrollando ejercicios de ordenador que ayuden a la gente a acelerar su velocidad de procesamiento visual pidiéndoles que localicen varios objetos en la pantalla. Hay ejercicios para los lóbulos frontales que refuerzan nuestras «funciones ejecutivas», tales como centrarse en un objetivo, resumir lo que percibimos y tomar decisiones. También ayudan a las personas a establecer categorías de objetos, seguir instrucciones complejas y fortalecer la memoria asociativa, que ayuda a situar a personas, objetos y cosas en un contexto.

Posit Science también trabaja para mejorar en control motor. Con la edad, muchos de nosotros abandonamos tareas tales como dibujar, hacer punto, tocar un instrumento o la ebanistería porque no somos capaces de controlar las manos en movimientos que requieren mucha precisión. Estos ejercicios, actualmente en desarrollo, harán más precisos los mapas mentales del cerebro correspondientes a las manos.

Por último están trabajando en el «control motor bruto», una función que declina con la edad y conduce a la pérdida de equilibrio, tendencia a caerse y a dificultades de movilidad. Aparte de los fallos en el procesamiento vestibular, este declive está causado por una disminución de la retroalimentación sensorial procedente de los pies. Según Merzenich, el hecho de llevar zapatos durante décadas limita este *feedback* sensorial de los pies al cerebro. Si fuéramos descalzos nuestro cerebro recibiría diferentes clases de información dependiendo de la superficie sobre la que camináramos. Los zapatos son una plataforma más o menos plana que difumina los estímulos, y las superficies sobre las que nos desplazamos son cada vez más artificiales y uniformes. Ello conduce a una desdiferenciación de los mapas correspondientes a las plantas de los pies y limita la forma en que el tacto controla nuestro control de los pies. Es entonces cuando comenzamos a usar bastón, andador o muletas o bien recurrimos a otros sentidos para mantener el equilibrio. Al recurrir a estas compensaciones en lugar de ejercitar nuestros sistemas cerebrales debilitados estamos contribuyendo a su deterioro.

Conforme envejecemos sentimos la necesidad de mirarnos los pies mientras bajamos por unas escaleras o caminamos por un terreno desigual, porque no recibimos de ellos información suficiente para mantener el equilibrio. Cuando Merzenich acompañaba a su suegra escaleras abajo en su villa, la animaba a que no bajara la vis-

ta y que en lugar de ello intentara tantear el suelo con los pies, de manera que mantuviera, y desarrollara, el mapa sensorial de éstos en lugar de dejar que desapareciera.

Después de dedicar tantos años a agrandar los mapas cerebrales, Merzenich opina que hay ocasiones en que uno desearía poder encogerlos. Lleva un tiempo trabajando para desarrollar una especie de goma de borrar mental que elimine un mapa cerebral problemático, una técnica que podría ser de gran utilidad para personas con estrés postraumático, pensamientos obsesivos recurrentes, fobias o asociaciones mentales problemáticas. Por supuesto, el potencial de este invento para usos indebidos pone la carne de gallina.

Merzenich continúa desafiando la noción de que el cerebro con el que nacemos es para siempre. El cerebro, tal y como él lo concibe, se estructura mediante una interacción continua con el mundo exterior, y no son sólo aquellas partes más expuestas a los estímulos externos, como los sentidos, las que se van conformando con la experiencia. La plasticidad causada por la experiencia individual llega hasta incluso nuestros genes, moldeándolos también, un tema sobre el que volveremos más adelante.

Esta villa de estilo mediterráneo en la que pasa tanto tiempo está situada entre colinas redondeadas. Merzenich acaba de plantar su propio viñedo, por el que paseamos. Por la noche hablamos sobre sus años de juventud, cuando era estudiante de Filosofía, mientras que cuatro generaciones de su animada familia charlan y bromean entre sí. En un sofá está sentada su nieta más pequeña, de sólo unos meses e inmersa en multitud de periodos críticos. Hace feliz a todos los que están a su alrededor, pues es una espectadora excepcional. Cuando le haces arrumacos te escucha, encantada. Si le haces cosquillas en los dedos de los pies te dedica toda su atención y cuando sus ojos recorren la habitación lo asimila todo.

IV

La adquisición de gustos y preferencias

Lo que la neuroplasticidad nos enseña sobre el amor y la atracción sexual

A era un hombre joven soltero y atractivo que vino a verme porque estaba deprimido. Acababa de empezar una relación con una hermosa mujer que tenía pareja, y ésta había empezado a animarle a que abusara de ella. Trataba que A participara en fantasías sexuales en las que ella se vestía de prostituta y él debía «dominarla» y actuar de manera más o menos violenta. Cuando A empezó a sentir deseos alarmantes de complacerla en sus fantasías se trastornó, rompió con la mujer y buscó tratamiento psiquiátrico. Tenía un historial de relaciones con mujeres que ya tenían pareja y emocionalmente inestables. Todas sus novias habían sido o bien exigentes y posesivas o bien exageradamente crueles, pero eran la clase de mujeres que le atraían. Las chicas «buenas», consideradas y amables, le aburrían, y sentía que cualquier mujer que se enamorara de él de forma tierna y sin complicaciones tenía que tener algún defecto.

Su madre fue alcohólica, vivía prácticamente en la indigencia y era propensa a las escenas emocionales y a los ataques de rabia durante la infancia de A, quien la recordaba golpeando la cabeza de su hermana contra el radiador o quemando los dedos de su hermanastro en castigo por jugar con cerillas. A menudo tenía depresiones y amenazaba con suicidarse, y A siempre debía estar pendiente de ella para calmarla e impedir que se hiciera daño. Su relación con su madre había sido altamente sexual. Ella solía vestir camisones transparentes y le hablaba como si fuera un amante. A incluso creía recordar que en una ocasión le invitó a meterse en su cama cuando era un niño y tenía una imagen de él sentado con un pie den-

ro de la vagina de su madre mientras ésta se masturbaba. Esta escena le provocaba un sentimiento de furtivo placer. En las raras ocasiones en que su padre estaba en casa A se recordaba «siempre con dificultad para respirar» y tratando de evitar que el matrimonio que terminó por divorciarse, se peleara.

A pasó gran parte de su juventud ahogando la rabia que sentía hacia sus padres y a menudo se sentía como un volcán a punto de entrar en erupción. Concebía las relaciones íntimas como formas de violencia, en las que su pareja amenazaba con engullirlo y, sin embargo, una vez dejada atrás la infancia, sólo se sentía atraído eróticamente por mujeres que le prometían hacer precisamente eso, engullirle.

Los seres humanos muestran un grado de plasticidad extraordinario en comparación con otras criaturas. Nuestros gustos y hábitos sexuales varían enormemente de una persona a otra, como también varían nuestras zonas erógenas. Pero sobre todo nos diferenciamos en quién o qué nos atrae. La gente suele decir que alguien es o no es «su tipo» y esos tipos varían por completo de una persona a otra.

Para algunos «su tipo» cambia en diferentes periodos de su existencia o conforme se tienen nuevas experiencias. Un hombre homosexual mantuvo varias relaciones sucesivas con hombres de un grupo étnico particular, después con los de otro y en cada periodo sólo se sentía atraído pro el grupo que en ese momento le excitaba. Concluido éste, nunca volvería a sentirse atraído por hombre de dicho grupo. Adquirió un gusto por estos «tipos» de forma sucesiva y daba la impresión que lo que realmente le excitaba era la categoría a la que pertenecía su pareja (por ejemplo, asiático o africano americano) y no el individuo en sí. La plasticidad de los gustos sexuales de este hombre es sólo una versión exagerada de una verdad general: que la libido humana no es una tendencia biológica, invariable y estructural sino que puede ser curiosamente variable y verse fácilmente alterada por nuestra psicología y nuestras relaciones anteriores. Hay mucha literatura científica que defiende lo contrario y describe el encuentro sexual como un imperativo biológico, una especie de salvaje hambriento que necesita ser satisfecho; en suma, un glotón en lugar de un gourmet. Pero los seres humanos tienen mucho de gourmets: se sienten atraídos por determinados tipos y tienen preferencias sexua-

les marcadas; el hecho de tener un «tipo» nos hace posponer la satisfacción sexual hasta que encontramos lo que buscamos, porque la atracción hacia un determinado tipo de pareja es restrictiva: aquel a quien «le gustan las rubias» es posible que descarte de forma inconsciente a las pelirrojas y a las morenas. Incluso las preferencias sexuales pueden cambiar en ocasiones. Aunque algunos científicos enfatizan cada vez más el carácter innato de éstas, también es cierto que algunas personas son heterosexuales —ni siquiera bisexuales— durante una parte de sus vidas y después homosexuales, o viceversa.

Se diría que la plasticidad sexual parece haber llegado a su punto álgido en aquellos que han tenido muchas parejas diferentes y han aprendido a adaptarse a cada una; pero pensemos en las parejas que llevan casadas muchos años y aún disfrutan de su vida sexual. Cuando se conocieron a los 20 años parecían muy diferentes de ahora, que tienen 60, pero sus libidos se han adaptado al paso del tiempo y por eso siguen atrayéndose mutuamente.

Pero la plasticidad sexual todavía va más allá. Los fetichistas sienten deseo por objetos inanimados. Un macho fetichista puede excitarse más con un zapato de tacón, o un cuello de piel, o por la ropa interior femenina que por una mujer de carne y hueso. Desde tiempos remotos algunos seres humanos de zonas rurales remotas han tenido relaciones sexuales con animales. Algunas personas incluso sienten atracción no tanto por otras personas sino por complejos guiones sexuales en los que cada miembro de la pareja desempeña un papel, por lo general relacionado con algún tipo de perversión que puede incluir sadismo, masoquismo, voyeurismo o exhibicionismo. Cuando ponen un anuncio en la sección de clasificados, su descripción de lo que buscan en una pareja parece más un oferta de empleo que el perfil de la persona a la que les gustaría conocer.

Dado que la sexualidad es un instinto y el instinto se define tradicionalmente por un comportamiento hereditario exclusivo de una especie, la variedad de gustos sexuales resulta cuando menos curiosa. Los instintos suelen resistirse al cambio y se considera que tienen un propósito claro y no negociable, es decir, la perpetuación de la especie. Y sin embargo el «instinto» sexual del ser humano parece haberse liberado de su objetivo básico, la reproducción, y sus variaciones son infinitas, algo que no ocurre con otros animales, en los que el instinto sexual sí se comporta como lo que es.

Ningún otro instinto es capaz de satisfacerse sin alcanzar su objetivo biológico, y ningún otro está tan alejado de él. Los antropólogos han demostrado que durante mucho tiempo la humanidad no sabía que el acto sexual estaba destinado a la reproducción. Este alejamiento de su objetivo inicial es tal vez el máximo exponente de la plasticidad sexual.

También el amor es flexible y sus expresiones han cambiado a través de la historia. Aunque hablamos de amor romántico como del más *natural* de los sentimientos, lo cierto es que la concentración de nuestros deseos adultos de intimidad, ternura y lujuria en una sola persona hasta la muerte no es algo común a todas las sociedades y sólo hace poco se ha convertido en una costumbre extendida en la nuestra. Durante milenios la mayor parte de los matrimonios se acordaban entre familias y por razones prácticas. Por supuesto ha habido exponentes inolvidables de amor romántico dentro del matrimonio en la Biblia, como en el Cantar de los cantares, y de índole trágica, en la poesía trovadoresca medieval y, más tarde, en Shakespeare y otros autores. Pero el amor romántico no empezó a merecer aprobación social entre la aristocracia y las cortes europeas hasta el siglo XII, originalmente entre un hombre soltero y una mujer casada, generalmente adúltero o sin consumar y por lo general con un final desgraciado (es el llamado «amor cortés»). Sólo con la llegada de los ideales democráticos de individualismo, la idea de que los enamorados deberían tener libertad para escoger sus parejas empezó a extenderse y a ser vista como un derecho natural e inalienable del individuo.

Resulta razonable preguntarnos si nuestra plasticidad sexual está relacionada de algún modo con la del cerebro. Las investigaciones científicas han demostrado que la neuroplasticidad no es patrimonio exclusivo de ciertas regiones cerebrales y que no está limitada a las áreas de procesamiento sensorial, motor y cognitivo que ya hemos explorado. La estructura cerebral que regula las conductas instintivas, incluida la sexual, se llama hipotálamo y es plástica, como lo es la amígdala, la estructura encargada de procesar las emociones y la ansiedad. Mientras que algunas partes del cerebro, como la corteza, pueden tener mayor potencial plástico porque hay en ellas mayor número de neuronas y conexiones susceptibles de ser alteradas, incluso en las áreas no corticales hay indicios de plas-

ticidad que en realidad es una propiedad del tejido cerebral. La plasticidad existe en el hipocampo (el área que convierte nuestra memoria reciente en memoria a largo plazo) además de en otras áreas que controlan nuestra respiración y que procesan nuestras sensaciones más primitivas, como el dolor. Existe en la médula espinal, tal y como han demostrado los científicos; el actor Christopher Reeve, que sufrió importantes lesiones en la médula espinal, demostró que dicha plasticidad existe al ser capaz, mediante un entrenamiento intensivo, de recuperar cierto grado de sensibilidad y movilidad siete años después de su accidente.

Merzenich lo explica así: «La plasticidad no puede darse de forma aislada... es del todo imposible». Sus experimentos han demostrado que si un sistema cerebral cambia, aquellos sistemas conectados a él también lo hacen. Las mismas «reglas plásticas» —es decir, «úsalo o lo perderás», o «las neuronas que emiten se activan juntas tienden a asociarse»— también son aplicables aquí. Si no fuera así, las diferentes áreas del cerebro no podrían funcionar correctamente.

Entonces ¿las mismas reglas de plasticidad que son aplicables a los mapas correspondientes a las cortezas sensora, motora y del lenguaje son válidas para mapas más complejos, tales como los que representan nuestras relaciones, sexuales o de otro tipo? Merzenich ha demostrado que los mapas cerebrales complejos se rigen por los mismos principios plásticos que los más simples. Animales expuestos a un tono simple desarrollarán una única región cerebral para procesarlo. Animales expuestos a un patrón más complejo, como una melodía de seis tonos, no se limitarán a unir seis mapas cerebrales sino que desarrollarán una región que codifique la melodía *entera*. Estos mapas más complejos obedecen a los mismos principios plásticos que los de los tonos simples.

«Los instintos sexuales», escribió Freud, «son notables por su plasticidad, su capacidad de alterar sus objetivos». Freud no fue el primero en afirmar que la sexualidad era plástica —Platón, en su *Diálogo* sobre el amor, argumentó que Eros adopta múltiples formas— pero Freud sentó las bases para una comprensión neurocientífica de la plasticidad sexual y romántica. Una de sus grandes contribuciones fue descubrir los periodos críticos para la plasticidad sexual. Según él, la capacidad que tiene un adulto para amar íntima y sexualmente se desarrolla en etapas, empezando con los lazos

que el recién nacido establece con sus padres. Observando a sus pacientes y también a niños descubrió que es en la infancia, y no en la pubertad, cuando comienza el primer periodo crítico para la sexualidad y la intimidad, y que los niños son capaces de experimentar sentimientos apasionados y protosexuales: enamoramientos súbitos, emociones amorosas y, en algunos casos, excitación sexual, como en el caso de A. También descubrió que los abusos sexuales durante la infancia son dañinos porque influyen negativamente en el periodo crítico del niño y definen sus actitudes posteriores ante el sexo. Los niños necesitan cariño y suelen desarrollar lazos apasionados con sus padres. Si el progenitor es afectuoso, cálido y fiable entonces el niño por lo general desarrollará un gusto por ese tipo de relaciones en su vida adulta. Si por el contrario, aquél es distante, frío, egocéntrico, temperamental, errático o ambivalente, el niño, ya adulto, podrá buscar una pareja de características similares. Hay excepciones, pero los trabajos de investigación confirman que la teoría básica de Freud según la cual los patrones de las relaciones afectivas de la infancia, si son problemáticos, pueden fijarse en nuestra psique y repetirse en la vida adulta. Muchos aspectos del guión sexual que A me relató cuando vino a mi consulta por primera vez eran meras repeticiones de su infancia traumática, apenas disfrazados, tales como el que se sintiera atraído por mujeres inestables que traspasaban los límites normales de la sexualidad en relaciones furtivas, en las que la hostilidad y la excitación sexual se confundían, mientras que la pareja oficial de la mujer, el marido engañado, amenazaba todo el tiempo con entrar en escena.

La idea del periodo crítico fue formulada, más o menos en la época en que Freud empezó a escribir sobre amor y sexo, por embriólogos que observaron que en el embrión el sistema nervioso se desarrolla por etapas y que si esas etapas resultan alteradas el animal o la persona resultarán perjudicados, a menudo de forma catastrófica, de por vida. Aunque Freud no empleó el término, lo que dijo sobre las primeras etapas del desarrollo sexual concuerda con lo que hoy sabemos sobre los periodos críticos. Existen breves ventanas temporales en las que los sistemas cerebrales y los mapas se desarrollan con ayuda de los estímulos procedentes de las personas que nos rodean.

En nuestro comportamiento diario respecto al amor y la sexualidad es fácil apreciar rastros de nuestros sentimientos infanti-

les, Cuando los adultos de nuestra cultura practican juegos preliminares con ternura o expresan su amor a menudo emplean términos propios de la infancia, como «mi niña» o «bomboncito», que evocan aquellos que empleaban sus madres durante la que Freud llamaba la «fase oral», el primer periodo crítico de la sexualidad cuya esencia está resumida en las palabras «criar» y «amamantar», es decir cuidar amorosamente y alimentar al niño. Éste se encuentra en una situación de total unión con la madre y su confianza en los otros se desarrolla conforme recibe sus primeros alimentos distintos de la leche materna. Ser amado, cuidado y alimentado son acciones asociadas mentalmente e imbricadas en nuestro cerebro desde que nacemos.

Cuando los adultos emplean lenguaje típico de la infancia, como «cuchi cuchi» y «chiqui» para llamarse entre sí y dar así a la conversación un matiz propio de la fase oral, según Freud están experimentando una «regresión» de la madurez hacia etapas más tempranas de la vida. En términos de plasticidad, creo que esta regresión implica desenmascarar antiguos circuitos neuronales que desencadenan todas aquellas asociaciones de la fase infantil. La regresión puede ser algo placentero e inocuo, como en los preliminares al acto sexual, o problemático, cuando se desenmascaran circuitos de agresividad y entonces el adulto experimenta una «rabieta».

Incluso el «lenguaje sucio» revela características propias de la infancia. Después de todo ¿por qué debería ser el sexo algo «sucio»? Esta actitud refleja la visión infantil del sexo correspondiente a la etapa en que deja de usar el pañal y el niño se sorprende al descubrir que los genitales, que participan en el acto de orinar, están tan cerca del ano y también participan en el acto sexual, y que mamá deja que papá «inserte» su «sucio» órgano en un agujero que está muy cerca del ano. A los adultos no suele preocuparles esto, porque durante la adolescencia han experimentado otro periodo crítico de plasticidad sexual durante el cual su cerebro se reorganiza de manera que el placer que produce el sexo se vuelve lo suficientemente intenso como para contrarrestar cualquier sentimiento de asco o rechazo.

Freud demostró que muchas incógnitas sexuales pueden explicarse como fijaciones del periodo crítico. Después de él ya no nos sorprende que una chica cuyo padre la abandonó siendo niña persiga a hombres con edad suficiente para ser sus padres porque, al no haber experimentado nunca la empatía padre-hija durante el

periodo crítico, toda una región de su cerebro quedó sin desarrollarse. Y muchas desviaciones del comportamiento pueden explicarse en términos de plasticidad y por la interferencia de conflictos sexuales no resueltos. Pero lo principal es que durante nuestros periodos críticos podemos adquirir gustos e inclinaciones románticas y sexuales que podrán influirnos durante el resto de nuestras vidas. Y el hecho de que podamos adquirir diferentes gustos sexuales contribuye a la inmensa variedad de preferencias que existen entre las personas en este terreno.

La noción de que existe un periodo crítico que ayuda a conformar el deseo sexual en los adultos se contradice con la idea popular de que lo que nos atrae no es tanto el resultado de nuestra historia personal como de nuestra biología. Ciertas personas —por ejemplo, modelos y estrellas de cine— son comúnmente consideradas bellas o sexys. Existe una tendencia biológica que nos enseña que estas personas son atractivas porque exhiben signos biológicos de robustez que encierran una promesa de fertilidad y fortaleza: una tez clara y unos rasgos simétricos significan que esa persona está sana; una mujer de cintura fina y caderas anchas se asocia con la fertilidad, y los músculos en un hombre predicen que podrá proteger a la mujer y a sus retoños.

Pero todo esto no es más que una simplificación de lo que la biología realmente nos enseña. No todos se enamoran de un cuerpo, como cuando una mujer dice: «Cuando *escuché* su voz por primera ver, supe que sería para mí», ya que la voz en ocasiones dice más del alma de una persona que su aspecto físico. Y los gustos sexuales han cambiado a lo largo de los siglos. Las bellezas de Rubens eran, para los estándares actuales, gordas, y con el paso de décadas las estadísticas de la fotografía central de la revista Playboy han pasado de ser voluptuosas modelos a mujeres andróginas. Los gustos sexuales están por supuesto influidos por la cultura y la experiencia, y a menudo son adquiridos.

Los «gustos adquiridos» son, por definición, «aprendidos», a diferencia de los «gustos», que son innatos. Un niño no necesita desarrollar gusto por la leche, el agua o los caramelos, ya que automáticamente los percibe como algo placentero. Los gustos adquiridos se experimentan en un principio con indiferencia o incluso desagrado, pero con el tiempo se tornan placenteros: el olor del queso, la cerveza, el vino, el café, el paté, el tufo a orines en un pla-

to de riñones fritos. Muchas exquisiteces por las que pagamos buena cantidad de dinero y para las que tenemos que «desarrollar un gusto» son los mismos alimentos que tanto nos desagradaban de pequeños.

En la Inglaterra isabelina las parejas de enamorados sentían tal atracción por sus olores corporales respectivos que era habitual que una mujer llevara una manzana pelada bajo la axila hasta que ésta se hubiera impregnado de su sudor y su aroma. Entonces hacía entrega de esta «manzana del amor» a su amante, que la olía en su presencia. Nosotros por el contrario recurrimos a aromas sintéticos de frutas y flores para enmascarar nuestros olores corporales. Determinar cuál de estos dos hábitos es adquirido y cuál es natural no es fácil. Una sustancia tan «naturalmente» repugnante como el orín de vacas es empleada por los masai de África Oriental como loción para el cabello, una consecuencia directa de la importancia de la vaca en esta cultura. Muchos gustos que consideramos «naturales» son en realidad adquiridos y por tanto de «naturaleza secundaria», y si somos incapaces de distinguirlos de los gustos innatos es porque nuestro cerebro neuroplástico, una vez reeducado, desarrolla una nueva naturaleza, tan biológica como la original.

La actual epidemia de pornografía constituye un buen ejemplo de hasta qué punto pueden los gustos sexuales ser adquiridos. La pornografía que llega hasta nosotros por conexiones de Internet de gran velocidad satisface todos y cada uno de los requisitos necesarios para que se produzca el cambio neuroplástico.

A primera vista la pornografía parece algo puramente instintivo, donde imágenes sexualmente explícitas desencadenan reacciones instintivas que son el producto de años de evolución. Pero, de ser eso cierto, la pornografía sería siempre la misma, y los mismos factores desencadenantes, las mismas partes del cuerpo que excitaban a nuestros antepasados seguirían excitándonos a nosotros. Eso es lo que los profesionales del *porno* les gustaría hacernos creer, puesto que afirman estar luchando contra la represión sexual, los tabús y los miedos, y que su misión es liberar nuestros instintos sexuales reprimidos. Pero el hecho es que los contenidos de la pornografía son un fenómeno *dinámico* que ilustra a la perfección cómo progresan los gustos adquiridos. Hace 30 años el *porno* «du-

ro» por lo general consistía en mostrar de forma *explícita* el acto entre una pareja mostrando sus genitales. Por el contrario, el *porno* «blando» eran fotografías de mujeres, por lo común en un entorno semirromántico y en varios estados de semidesnudez, con los pechos al aire.

Hoy el *porno* duro ha evolucionado y consiste sobre todo en escenas sadomasoquistas de sexo practicado a la fuerza, eyaculaciones en la cara de mujeres y sexo anal, todas siguiendo guiones en el que el sexo se funde con la humillación y la violencia. El *porno* duro explora ahora el mundo de la perversión, mientras que el blando es el equivalente a lo que hace unas décadas era considerado «duro», es decir, el acto sexual explícito entre adultos, ahora disponible en la televisión de pago. Las imágenes relativamente suaves de la pornografía de antes —mujeres semidesnudas— están hoy presentes a diario en los medios de comunicación, incluidos la televisión, los vídeos musicales, las telenovelas, etcétera.

El crecimiento del consumo de pornografía ha sido extraordinario, supone el 25 por ciento del alquiler de películas y es la cuarta razón más importante por la que la gente se conecta a Internet. Una encuesta realizada entre espectadores de la MSNBC.com en 2001 reveló que un 80 por ciento de éstos sentía que pasaban tanto tiempo navegando por páginas de pornografía que temían estar poniendo en peligro sus relaciones o sus trabajos. El poder de la pornografía blanda es ahora más fuerte que nunca porque, una vez que ha dejado de ser tabú, influye en los jóvenes con poca experiencia sexual y mentes especialmente plásticas, en pleno proceso formativo de sus gustos y deseos sexuales. Y sin embargo la influencia de la pornografía en adultos también puede ser profunda, y quienes la reciben ignoran hasta qué punto sus mentes se transforman con ella.

Durante la segunda mitad de la década de 1990, cuando Internet crecía a pasos agigantados y la pornografía ocupaba cada vez más espacio dentro de ella, asesoré a un grupo de hombres que compartían más o menos el mismo historial. Cada uno de ellos había adquirido un gusto por una clase de pornografía que, en mayor o menor grado, les preocupaba o disgustaba, alteraba sus patrones de comportamiento sexual y, por extensión, sus relaciones y su rendimiento sexual.

Ninguno de estos hombres presentaba síntomas de inmadurez, incapacidad de relacionarse sexualmente o utilizaba la pornografía

como sustituto para las mujeres de carne y hueso. Por el contrario eran hombres agradables y considerados, con relaciones de pareja o matrimonios más o menos estables. Mientras trataba a alguno de ellos de algún otro problema me contaba, casi como de pasada y con cierto tono avergonzado, que cada vez pasaba más tiempo navegando por Internet, mirando pornografía y masturbándose. Tal vez pensaba que al confesar esta afición que le preocupaba descubriría que se trataba de algo normal que mucha gente practicaba. En algunos casos empezaba entrando en la página de Playboy o mirando un vídeo de gente desnuda recibido por correo electrónico. En otros casos comenzaba visitando una página inocua en la que aparecía un sugerente *banner* que le dirigía hacia otras páginas, a las que terminaba por engancharse.

Algunos de estos hombres también me confesaron, por lo general también de pasada, algo que llamó mi atención. Cada vez tenían mayores dificultades para excitarse con sus parejas sexuales, aunque seguían considerándolas objetivamente atractivas. Cuando les pregunté si pensaban que esto podía estar de alguna forma relacionado con el hecho de que pasaran tanto tiempo viendo pornografía, me contestaron que al principio esta actividad les había ayudado a sentirse más excitados durante el acto sexual, pero con el tiempo había terminado surtiendo el efecto contrario. Ahora, en lugar de emplear sus sentidos para disfrutar haciendo el amor con sus parejas, necesitaban imaginarse que eran parte de un guión de una película *porno*. Algunos incluso habían tratado de persuadir a sus parejas de que actuaran como actrices *porno*, y cada vez estaban más interesados en «follar» antes que en «hacer el amor». Sus fantasías sexuales estaban cada vez más dominadas por los escenarios que, por decirlo así, se habían descargado de Internet, y estos guiones resultaban mucho más violentos y primitivos que cualquier fantasía anterior. Me dio la impresión de que la creatividad sexual de estos hombres estaba desapareciendo y que se estaban volviendo adictos al sexo en la Red.

Los cambios que observé no se limitan a unas pocas personas que buscan terapia; indican que se está produciendo un cambio social. Aunque por lo general resulta difícil obtener información sobre hábitos sexuales privados, esto no ocurre con la pornografía hoy en día, ya que su uso es cada vez más público. Este cambio coincide con el cambio de su denominación, de «pornográfico» a «porno», mucho más suave. Mientras preparaba su libro sobre la vida

universitaria americana *Yo soy Charlotte Simmons*, Tom Wolfe pasó varios años observando a los estudiantes de campus universitarios. En su libro uno de los jóvenes, Ivy Peters, llega a una residencia sólo para chicos y pregunta: «¿Alguien tiene porno?».

Wolfe continúa: «No era un petición extraña. Era común entre los estudiantes del sexo masculino hablar abiertamente de cómo se masturbaban al menos una vez al día como si se tratara de una especie de mantenimiento del sistema psicosexual». Uno de los chicos le dice a Peters: «Prueba en la tercera planta. Tienen revistas». Pero Peters le responde: «Las revistas ya no me ponen... Necesito vídeos». Otro chico interviene: «Joder, I P, son las diez de la noche. Falta una hora para que lleguen los coños receptores de semen... ¡y tú estás buscando vídeos para hacerte una paja!». Entonces Ivy se encoge de hombros y levanta las palmas de las manos como diciendo: «Quiero porno. ¿Cuál es el problema?».

El problema es la tolerancia. Este muchacho reconoce que es como un drogadicto que ya no consigue excitarse con las imágenes de antes. Y el peligro está en que dicha tolerancia influirá en sus relaciones, tal y como les ocurrió a mis pacientes, y conducirá a problemas y a nuevos gustos, en ocasiones no bien recibidos por las parejas. Cuando los creadores de pornografía presumen de introducir nuevos y más agresivos temas en el mercado, no dicen también que lo hacen por obligación, porque sus clientes han desarrollado una tolerancia a los contenidos anteriores. Las últimas páginas de las revistas y los sitios de Internet dedicados al *porno* están llenas de anuncios de fármacos tipo Viagra (la medicina desarrollada para hombres con problemas de erección relacionados con la edad y de tipo vascular) porque hoy los hombres jóvenes que navegan por las páginas de porno sienten miedo de la impotencia o «disfunción eréctil», como se la llama eufemísticamente. Este término viene a decir que estos hombres tienen un problema en su pene, cuando en realidad está en su cabeza, en sus mapas cerebrales sexuales. El pene les funciona cuando consumen pornografía y rara vez se les ocurre que pueda existir relación entre dicho consumo y su impotencia (algunos de ellos, sin embargo, describían las horas que pasaban sentados frente al ordenador como tiempo empleado «masturbándome sin parar»).

Uno de los muchachos de la escena de la novela de Wolfe describe a las chicas que vendrán por la noche a tener relaciones sexuales con sus novios como «receptores de semen». Él también de-

muestra estar influido por la imaginería *porno*, ya que las mujeres de esta clase de películas hacen las veces de receptáculos siempre disponibles para el uso y, por lo tanto, están devaluadas como personas.

La adicción a la pornografía por Internet no es una metáfora. No todas las adicciones son a las drogas o al alcohol; hay personas adictas al juego, incluso a estar en forma. Todo adicto muestra una pérdida de control de la actividad a la que es adicta y la busca compulsivamente a pesar de que conoce sus consecuencias negativas, desarrolla niveles de tolerancia de manera que cada vez necesita dosis más altas para sentirse satisfecho y padece síndrome de abstinencia si pasa tiempo sin consumir.

Toda adicción implica cambios neuroplásticos a largo plazo, incluso para toda la vida. Para los adictos la moderación es impensable, y tienen que evitar esa sustancia por completo ni no quieren caer de nuevo en la adicción. Alcohólicos Anónimos insiste en que los ex alcohólicos no existen y aquellos que llevan sin beber durante décadas deben empezar sus intervenciones en las reuniones con las palabras: «Me llamo John y soy alcohólico». En términos de plasticidad, es muy probable que estén en lo cierto.

Para poder determinar hasta qué punto son adictivas las drogas que se venden en la calle, los investigadores del Instituto Nacional de la Salud (National Institute of Health, NIH), de Maryland entrenan a una rata para que pulse una barra para obtener una dosis de droga. Cuanto más tiene que trabajar el animal para pulsar la barra, más adictiva es la dosis. La cocaína, como casi todas las sustancias ilegales e incluso adicciones de otro tipo como correr, intensifica la emisión de dopamina, un neurotransmisor que proporciona sensación de placer. Se la conoce como el neurotransmisor de recompensa, porque cuando conseguimos algo, como ganar una carrera, nuestro cerebro hace que se libere. Entonces, aunque estemos exhaustos, experimentamos un aumento de energía, excitación y confianza que nos lleva incluso a levantar los brazos y hacer un sprint final. Los que pierden la carrera, en cambio, al no experimentar esta liberación de dopamina se quedan inmediatamente sin energías y caen agotados en la línea de meta sintiéndose mal consigo mismos. Al secuestrar nuestro sistema de dopamina, las sustancias adictivas nos proporcionan placer sin esfuerzo.

La dopamina, tal y como vimos con Merzenich, también participa en la plasticidad. La misma subida en sus niveles que nos pro-

porciona placer también sirve para consolidar los sistemas neuronales responsables de aquellas conductas que nos permitieron alcanzar nuestros objetivos. Cuando Merzenich empleaban un electrodo para estimular el sistema de recompensa de dopamina de un animal ante un sonido, la liberación de esta sustancia estimulaba el cambio plástico, agrandando la representación del sonido en el mapa auditivo del animal. Su relación con la pornografía es que la dopamina también se libera durante la excitación sexual, incrementando el deseo, facilitando el orgasmo y activando los centros de placer del cerebro. De ahí el alto poder adictivo de la pornografía.

Eric Nestler, de la Universidad de Texas, ha demostrado que las adicciones causan daños permanentes en el cerebro de los animales. Una sola dosis de drogas adictivas genera una proteína llamada ΔFosB (pronunciado «delta Fos B») que se acumula en las neuronas. Cada vez que se consume la droga crece la acumulación de ΔFosB hasta que genera un cambio genético en el cual ciertos genes se activan y otros se desactivan. Revertir esta mutación genética produce cambios que persisten mucho después de que se haya dejado de consumir la droga y causan daños irreversibles en el sistema de dopamina del cerebro, volviendo al animal más propenso a las adicciones. Las adicciones de otro tipo, como correr o a la sucrosa, también conducen a una acumulación de ΔFosB y a los mismos cambios permanentes en el sistema dopamínico.

Los vendedores de pornografía prometen placer saludable y alivio de la tensión sexual, pero lo que ofrecen en realidad es casi siempre adicción, tolerancia y, en última instancia, una disminución del placer obtenido. Paradójicamente, algunos de los pacientes que acudieron a mi consulta y eran adictos a la pornografía afirmaban que ésta no les gustaba. La visión general es que un adicto regresa a por nuevas dosis porque disfruta con el placer que la droga le proporciona y no quiere pasar por el síndrome de abstinencia. Pero los adictos toman drogas cuando ya *no* tienen expectativas de obtener placer con ellas, cuando saben que la dosis que tomarán será insuficiente para drogarles y que necesitarán todavía más antes de que el síndrome empiece a manifestarse. Y es que querer y gustar son dos cosas distintas.

Un adicto necesita la droga porque su cerebro plástico se ha vuelto sensible a esa droga o experiencia. Sensibilización y tole-

rancia no son la misma cosa. Conforme la última se desarrolla el adicto necesita más y más de una sustancia o de pornografía para experimentar sus efectos placenteros; cuando aumenta la sensibilización, al adicto le bastan dosis cada vez más pequeñas para que aumente su necesidad de consumir. Así que la sensibilización conduce a una mayor necesidad, aunque no necesariamente a un mayor placer. Ello se debe a la acumulación de ΔFosB causada por la exposición a una sustancia o a una experiencia adictiva.

La pornografía resulta más excitante que satisfactoria porque tenemos dos sistemas separados en nuestro cerebro relacionados con el placer, uno tiene ver con provocar placer y el otro con satisfacerlo. El primero es el sistema apetitivo, que experimentamos al anticipar algo que deseamos, como el sexo o una buena comida. Su neuroquímica está íntimamente relacionada con la dopamina y aumenta nuestros niveles de tensión.

El segundo sistema tiene que ver con la satisfacción del deseo y se activa tras consumar el acto sexual o comer; es un placer saciante y calmante, cuya neuroquímica está basada en la liberación de endorfinas, relacionadas con los opiáceos y que producen una sensación de paz y un intenso bienestar.

La pornografía, al ofrecer una variación infinita de objetos sexuales, hiperactiva el sistema apetitivo. Las personas que ven pornografía con asiduidad desarrollan nuevos mapas en su cerebro basados en las fotos o en los vídeos que ven. Y puesto que se trata de un cerebro del tipo «úsalo o lo perderás», cada vez que desarrollamos una nueva área necesitamos ejercitarla. Igual que nuestros músculos se impacientan y nos piden ser ejercitados si llevamos todo el día sentados, nuestros sentidos piden ser estimulados cuando no lo están siendo.

Los hombres sentados ante sus ordenadores viendo *porno* guardaban un parecido inquietante con las ratas de las jaulas del NIH, pulsando la barra para obtener un chute de dopamina o su equivalente. Aunque no lo sabían, habían sido convencidos para participar en sesiones de entrenamiento pornográfico que reunían todas las condiciones requeridas para el cambio plástico en los mapas cerebrales. Puesto que las neuronas que emiten a la vez tienden a emitir juntas, estos hombres las hacían practicar, fijando estas imágenes en los centros de placer de su cerebro, prestando la atención necesaria para que se dé el cambio plástico. Recordaban estas imá-

genes una vez estaban lejos de su ordenador, mientras practicaban el sexo con sus parejas, reforzándolas. Cada vez que sentían excitación sexual o tenían un orgasmo mientras se masturbaban, un «*chute* de dopamina», el neurotransmisor relacionado con los mecanismos de recompensa, consolidaba las conexiones ocurridas en el cerebro durante las sesiones ante el ordenador. No sólo la recompensa favorecía la conducta, sino que les ahorraba la vergüenza que sentían, por ejemplo, al tener que comprar la revista *Playboy* en un quiosco. He aquí un comportamiento sin castigo, únicamente con recompensa.

Los contenidos que les excitaban cambiaban conforme las páginas web que visitaban introducían nuevos temas y guiones que alteraban sus cerebros sin que fueran conscientes de ello. Puesto que la plasticidad es competitiva, los mapas cerebrales para nuevas y más excitantes imágenes aumentaban a expensas de lo que antes les atraía, y ésa era la razón —creo— de que cada vez les excitaran menos sus parejas.

La historia de Sean Thomas, publicada por primera vez en la revista británica *Spectator*, es un relato extraordinario del descenso de un hombre al infierno de la adicción a la pornografía y arroja luz sobre la forma en que ésta cambia los mapas cerebrales y altera los gustos sexuales, además de sobre el papel que desempeña en el proceso la plasticidad durante el periodo crítico. Thomas escribió: «En realidad, nunca me había gustado la pornografía. Sí, cuando era adolescente en la década de 1970 guardaba de vez en cuando un *Playboy* debajo de la almohada. Pero no me interesaban demasiado las revistas porno ni las películas, que encontraba aburridas, repetitivas y absurdas, aparte de que me daba vergüenza comprarlas». La crudeza y la estridencia de las escenas pornográficas y de los bigotudos sementales que por lo general las interpretaban le resultaban repugnantes. Pero en 2001, poco después de navegar por Internet por primera vez, sintió curiosidad por el porno *online* del que todo el mundo hablaba. Muchas de las páginas eran gratuitas, meros señuelos para incitar a la gente a que entrara en contenidos más duros y de pago. Eran galerías de fotos de chicas desnudas o ejemplos de las fantasías sexuales más comunes, diseñadas para activar un mecanismo en el cerebro del usuario, uno que éste ni siquiera sabía que tenía. Había fotografías de mujeres lesbianas en jacuzzis, cómics pornográficos, mujeres fumando en el cuarto de

baño, intercambio de parejas o sexo en grupo y hombres eyaculando en la cara de sumisas mujeres asiáticas. La mayoría de las fotos contaba una historia.

Thomas descubrió nuevas imágenes e historias que encontró atractivas y que «me arrastraban a volver a la pantalla al día siguiente. Y el siguiente y el siguiente». Pronto descubrió que, cada vez que tenía un minuto libre, «lo dedicaba a buscar pornografía en la Red».

Hasta que un día entró en un sitio con imágenes de parejas azotándose y, para su sorpresa, se sintió enormemente excitado. Pronto descubrió toda clase de sitios relacionados, tales como «Las azotainas de Bernie» o «La escuela de los azotes».

«Fue entonces cuando empezó mi verdadera adicción», escribía Thomas. «Mi interés por las azotainas me llevó a pensar en qué otras perversiones se escondían en mi interior, ocultas en lo más recóndito de mi sexualidad y que ahora podría explorar libremente en la intimidad de mi hogar. Eran muchas, como pronto comprobé. Descubrí que disfrutaba con la ginecología lesbiana, el sexo duro entre parejas de distinta raza y con imágenes de chicas japonesas quitándose el tanga. También me excitaba ver a jugadoras de tenis sin bragas, a chicas rusas bebidas quitándose la ropa y escenas en que sumisas actrices danesas eran afeitadas por dominantes machos en la ducha. En otras palabras, Internet me había hecho descubrir que yo tenía una infinita variedad de fantasías y caprichos sexuales y que el satisfacerlos "en línea" no hacía más que aumentar mi interés por ellos».

Hasta que Thomas llegó a las imágenes de parejas azotándose, que es de suponer activaron el recuerdo de alguna experiencia de la infancia o la fantasía de ser castigado, lo que veía le interesaba pero no le enganchaba. Las fantasías de los demás suelen aburrirnos. La experiencia de Thomas es similar a la de mis pacientes: sin ser plenamente conscientes de lo que buscaban, se dedicaban a visitar más y más páginas de Internet hasta que daban con una imagen o un vídeo que despertaba una fantasía oculta. Una vez que Thomas encontró la suya, ésta obtuvo su *total atención*, la condición para que ocurra el cambio plástico. Y, a diferencia de las mujeres de verdad, estas imágenes pornográficas estaban disponibles todo el día, todos los días, en su ordenador.

Así que Thomas estaba enganchado. Intentó controlarse, pero pasaba al menos cinco horas conectado a su ordenador portátil. Navegaba en secreto y dormía sólo tres horas al día. Su novia,

al verle extenuado, se preguntaba si estaba teniendo una aventura con otra mujer. Llegó a tener tal falta de sueño que su salud empezó a resentirse y contrajo una serie de infecciones que terminaron llevándole al hospital. Entonces fue consciente del problema y empezó a preguntar entre sus amistades masculinas y descubrió que muchos de ellos tenían la misma adicción.

Está claro que había algo en la sexualidad de Thomas de lo que él no era consciente y que había aflorado de forma repentina. La pregunta es: ¿Internet simplemente pone de manifiesto deseos y fantasías ocultas o también ayuda a crearlas? Yo opino que crea nuevas fantasías a partir de aspectos de la sexualidad que han estado en el inconsciente de quien navega por sus páginas, y reúne estos elementos hasta que juntos desarrollan nuevas redes. No es probable que miles de hombres hayan sido testigos directos en algún momento de sus vidas de actrices danesas siendo afeitadas por sus parejas masculinas en la ducha. Freud descubrió que estas fantasías aparecen debido a sus componentes *individuales*. Por ejemplo, algunos hombres heterosexuales se sienten atraídos por escenas donde mujeres maduras y dominantes inician a otras más jóvenes en el sexo lésbico. Ello puede deberse a que durante la infancia algunos niños atraviesan una fase en la que se identifican fuertemente con sus madres y se sienten «igual que una niña», así que su posterior atracción por el sexo lésbico bien puede expresar esa identificación residual con la madre. El porno duro pone de manifiesto algunas de las redes neurales tempranas que se forman durante los periodos críticos del desarrollo sexual y saca a la luz todos esos elementos olvidados o reprimidos hasta formar una nueva red en la que todos los elementos se asocian. Los sitios porno de la Red catalogan las fantasías más comunes, las mezclan y las ponen en imágenes. Es sólo cuestión de tiempo que el que navega por ellas encuentre una combinación que active un número de sus mecanismos de excitación sexual. Entonces refuerza la nueva red visitando una y otra vez estas imágenes masturbándose, liberando dopamina y fortaleciendo las redes neuronales. Ha creado una suerte de «neosexualidad», una libido reconstruida que tiene fuertes raíces en sus tendencias sexuales hasta entonces soterradas. Y puesto que a menudo no tarda en desarrollar tolerancia, el placer de la satisfacción sexual debe suplementarse con el placer de liberar la agresividad, con lo que las imágenes sexuales y las violentas tienden a combi-

narse cada vez más,de ahí la preponderancia de los temas sadomasoquitas en el porno duro de la Red.

Durante los periodos críticos se definen nuestras preferencias amorosas, pero enamorarse en la adolescencia o en etapas posteriores de la vida nos proporciona la oportunidad de una segunda ronda de cambios plásticos a gran escala. Stendhal, el novelista y ensayista del siglo XIX, comprendió que el amor podía conducir a cambios radicales en la atracción. El amor romántico desencadena emociones tan poderosas que puede modificar aquello que nos atrae, superando incluso la belleza «objetiva». En su ensayo *Sobre el amor*, Stendhal describe a un joven llamado Alberic quien conoce a una mujer más bella que su amante. Y sin embargo Alberic se siente más atraído por su amante que por esta mujer, porque su amante encierra para él una promesa mayor de felicidad. Stendhal llama a esto «la belleza destronada por el amor». El amor tiene tal poder para definir nuestra atracción que a Alberic le excita un pequeño defecto en el rostro de su amante, picado de viruelas. Le excita porque «ha experimentado tal cantidad de emociones en presencia de ese defecto, emociones en su mayoría exquisitas y absorbentes, que fueran cuales fueran sus emociones, éstas se renuevan con increíble viveza a la vista de esas cicatrices, aunque sea en el rostro de otra mujer... En este caso lo feo se ha tornado bello».

Esta transformación en el gusto puede ocurrir porque no sólo nos enamoramos de una apariencia física. En circunstancias normales encontrar atractiva a otra persona puede conducir a una inclinación a enamorarse, pero la personalidad de esa persona y una serie de otros atributos, incluida su capacidad para hacernos sentir a gusto con nosotros mismos, cristalizan en el proceso de enamoramiento. Así pues, estar enamorado desencadena un estado emocional tan placentero que puede incluso hacer de las marcas de viruela algo atractivo, reeducando nuestros sentidos desde el punto de vista estético. Así es como creo que funciona el proceso.

En 1950 se descubrieron los «centros de placer» en el sistema límbico, la parte del cerebro que procesa las emociones. En los experimentos realizados con seres humanos por el doctor Robert Heath, en los que se implantaba un electrodo en la región septal del sistema límbico y a continuación se activaban, los pacientes experimentaban una euforia tan peligrosa que cuando los investiga-

dores, trataron de poner fin al experimento, uno de ellos les rogó que no lo hicieran. La región septal también se activaba y emitía señales cuando los pacientes hablaban de temas agradables y durante el orgasmo. Se descubrió que estos centros de placer eran parte del sistema de recompensa del cerebro, el sistema mesolímbico dopamínico. En 1954 James Olds y Peter Milner demostraron que cuando insertaban electrodos en el centro de placer de un animal mientras le enseñaban a realizar una tarea, éste lo aprendía con mayor facilidad porque el aprendizaje le resultaba placentero y obtenía una recompensa de él.

Cuando se activan los centros de placer todo lo que experimentamos nos produce placer. Una droga como la cocaína actúa en nosotros disminuyendo el umbral en el que emiten nuestros centros de placer, haciendo más fácil que se activen. Pero no es sólo la cocaína lo que nos produce placer, sino el hecho de que nuestros centros de placer ahora emiten con tanta facilidad que todo lo que experimentamos nos hace sentir bien. Por tanto no es sólo la cocaína lo que puede hacer descender nuestro umbral del placer. Cuando personas con desorden bipolar (antes llamadas «maniacas-depresivas») se acercan a sus fases de euforia, sus centros de placer comienzan a emitir más fácilmente. Y enamorarse también disminuye el umbral del placer.

Cuando una persona toma cocaína, se vuelve maníaca o se enamora entra en una fase entusiasta y se siente optimista, porque estas tres situaciones hacen descender el umbral de emisión de su sistema de placer apetitivo, el sistema *dopamínico* asociado al placer de saber que está a punto de ocurrir algo que deseamos. El adicto, el maníaco y el enamorado experimentan cada vez más este placer anticipado y por tanto son más sensibles a cualquier cosa que proporcione placer; las flores, el aire fresco, el más mínimo gesto amable les llena de amor hacia la humanidad entera. A este proceso lo llamo «globalización».

La globalización es intensa cuando también lo es el enamoramiento y constituye, a mi modo de ver, una de las razones principales por las que el amor romántico es un catalizador tan poderoso para el cambio plástico. Puesto que sus centros de placer emiten con tanta libertad, la persona enamorada lo está no sólo del objeto de su amor, sino del mundo entero, del que adquiere una visión romántica. Puesto que nuestro cerebro experimenta una subida de dopamina, la sustancia encargada de consolidar el cambio

plástico, cualquier experiencia placentera o asociación que tengamos en las fases tempranas del enamoramiento se asientan firmemente en nuestros sistemas neuronales.

La globalización no sólo nos permite disfrutar más del mundo, también nos ayuda a experimentar menos dolor, desagrado o rechazo. Heath demostró que cuando nuestros centros de placer emiten señales resulta más difícil para los centros de dolor o aversión cercanos hacer lo mismo. Las cosas que antes nos molestaban ya no lo hacen. Amamos estar enamorados no sólo porque nos hace ser felices, sino también porque hace más difícil que seamos infelices.

La globalización también nos da la oportunidad de desarrollar nuevos gustos, como le ocurrió a Alberic con las marcas de viruela de su enamorada. Las neuronas que emiten a la vez tienden a asociarse juntas, y sentir placer en presencia de unas marcas de viruela que en circunstancias normales no resultarían atractivas hace que este sentimiento se instale en nuestro cerebro como fuente de placer. Algo similar ocurre cuando un cocainómano «reformado» pasa por el callejón donde compró su primera dosis y se siente abrumado por un deseo tan poderoso, que vuelve a caer en la tentación. El placer que le proporcionó esa primera dosis fue tan intenso que, por asociación, también sintió placer al pasar por ese feo callejón.

Existe por tanto una química literal del amor, y las etapas del romance reflejan los cambios que se producen en nuestro cerebro no sólo durante los momentos felices, sino también los desgraciados. Freud, uno de los primeros en describir los efectos físicos de la cocaína y, cuando era joven, el primero en descubrir sus aplicaciones médicas, detectó pronto esa química. En una carta a su prometida, Martha, del 2 de febrero de 1886, escribió que estaba consumiendo cocaína mientras escribía la carta. Puesto que la droga actúa rápidamente sobre el sistema, la carta nos proporciona una completa visión de sus efectos. Al principio Freud describe cómo le vuelve parlanchín y deseoso de hacer confidencias. Los reproches que se hace a sí mismo al principio pronto desaparecen y entonces se siente intrépido y se identifica con sus valientes antepasados que defendieron el Templo en Jerusalén. Compara la capacidad que tiene la cocaína de curar su cansancio con aquella que le procura su amor romántico hacia Martha. En otra carta escribe que la

cocaína reduce su timidez y su depresión, le vuelve eufórico, refuerza su energía, su autoestima, su libido y su entusiasmo por las cosas, además de tener efectos afrodisíacos. Está describiendo un estado parecido a la «borrachera de amor» propia de las primeras etapas del sentimiento romántico, cuando los enamorados pueden pasar toda la noche hablando, tienen la libido alta así como la autoestima y se sienten eufóricos porque todo está bien, lo que puede llevarles también a perder claridad de juicio. Todo esto ocurre también con las drogas que estimulan la dopamina, como la cocaína. Resonancias magnéticas realizadas recientemente a personas enamoradas mirando la foto de sus parejas muestran que se activa una parte de sus cerebros con altas concentraciones de dopamina: sus cerebros eran parecidos a los de los adictos a la cocaína.

Pero los sufrimientos por amor también tienen su química. Cuando se separan durante demasiado tiempo los amantes experimentan síndrome de abstinencia: necesitan estar con la persona amada, sienten ansiedad, dudan de sí mismos, pierden energía y pueden llegar a caer en la depresión. Después, bastará una carta, un correo electrónico o una llamada de la persona amada para inyectarles una nueva dosis de energía. Si se produce una ruptura, se deprimirán, el estado contrario a la fase maníaca. Estos «síntomas adictivos» —la euforia, el deseo, el síndrome de abstinencia, etcétera— son signos subjetivos de cambios plásticos ocurridos en la estructura de nuestro cerebro conforme se adapta a la presencia o a la ausencia de la persona amada.

Los enamorados felices pueden desarrollar una tolerancia similar a la de los drogadictos. A la dopamina le gusta la novedad, y cuando las parejas monógamas desarrollan tolerancia mutua y pierden la euforia romántica de los inicios de su relación este cambio puede ser un indicador, no de que alguno de ellos resulte no ser la pareja adecuada o se haya vuelto aburrido, sino de que sus cerebros plásticos se han adaptado tan bien el uno al otro que les resulta más difícil ser estimulados.

Por fortuna, los enamorados pueden estimular su dopamina renovando constantemente su relación. Cuando una pareja se marcha a pasar un fin de semana romántico o se embarcan juntos en nuevas actividades, o se compran ropa nueva, o se sorprenden el uno al otro, están recurriendo a la novedad para activar sus centros de placer, de manera que todo lo que experimentan, *incluidos ellos mismos*, les excita y les produce placer. Una vez los centros de pla-

cer han sido activados y empieza a producirse la globalización, la nueva imagen del ser amado se asocia de nuevo con placeres inesperados y se integra en el cerebro, que ha evolucionado para responder a esta novedad. Si queremos sentirnos vivos debemos estar siempre aprendiendo, y cuando la vida o el amor se vuelven demasiado predecibles y nos parece que hay poco que aprender nos volvemos inquietos, una reacción, quizás, del cerebro plástico cuando no puede seguir realizando su función principal.

El amor nos hace generosos: nos permite experimentar como placenteros situaciones o rasgos físicos que normalmente no lo serían y de esta manera nos ayuda a desaprender asociaciones negativas, otro fenómeno plástico.

La ciencia de desaprender es muy nueva. Puesto que la plasticidad es competitiva, cuando una persona desarrolla una red neuronal ésta se vuelve eficiente y autónoma y, al igual que un hábito, difícil de desaprender. Recordemos que Merzenich buscaba una «goma borradora» que le ayudara a acelerar el cambio y a desaprender malos hábitos.

En el proceso de desaprender intervienen químicas distintas que en el de aprender. Cuando aprendemos algo nuevo las neuronas emiten a la vez y se asocian, y a nivel neuronal se produce un proceso químico llamado «potenciación a largo plazo», o PLP, que fortalece las conexiones entre la neuronas. Cuando el cerebro desaprende asociaciones y desconecta neuronas, se produce otro proceso químico llamado «depresión a largo plazo» o DLP (y que no tiene nada que ver con estar emocionalmente deprimido). Desaprender y debilitar conexiones entre neuronas es un proceso tan plástico y tan importante como aprender y fortalecerlas. Si nos limitáramos a fortalecer conexiones nuestras redes neuronales se saturarían. Las pruebas sugieren que desaprender recuerdos es necesario para hacer sitio para otros nuevos.

Desaprender es esencial cuando nos movemos de un estado de desarrollo al siguiente. Cuando, al final de la adolescencia una joven deja su casa para ir a la Universidad en otra ciudad, por ejemplo, tanto ella como sus padres experimentan dolor y cambios plásticos conforme ven alterados antiguos hábitos y rutinas emocionales.

Enamorarse por primera vez también implica entrar en una nueva etapa de desarrollo y requiere una gran cantidad de desaprendizaje. Cuando dos personas se comprometen deben alterar de

forma radical sus a menudos egoístas hábitos y modificar el resto de sus relaciones para integrar a esta nueva persona en su vida. La vida ahora implica una cooperación constante, que a su vez requiere una reorganización plástica de los centros cerebrales relativos a las emociones, a la sexualidad y la identidad. Millones de redes neuronales desaparecen y son sustituidas por otras nuevas (una de las razones por las que estar enamorado equivale, para mucha gente, a perder la identidad). Enamorarse también puede significar desenamorarse de una relación anterior, lo que también supone desaprender a nivel neuronal.

Cuando su primer amor le abandona, al hombre se le rompe el corazón. Cualquier mujer a la que mira palidece en comparación con aquella a la que consideró el amor de su vida y cuya imagen le persigue. Todavía no es capaz de desaprender el patrón de atracción a su primer amor. O una mujer que lleva casada 20 años se convierte en una viuda joven y se resiste a salir con hombres. Es incapaz de imaginarse enamorada de otras personas, y la idea de «sustituir» a su marido la ofende. Pasan los años y sus amigos tratan en vano de convencerla de que es hora de dejar atrás el pasado.

A menudo estas personas son incapaces de pasar página porque aún no han experimentado la fase de duelo; la idea de vivir sin el ser amado les resulta demasiado dolorosa. En términos de neuroplasticidad, para que el romántico o la viuda puedan embarcarse en una nueva relación, libres del bagaje del pasado, deben primero reducar billones de conexiones en su cerebro. «El duelo es algo gradual», escribió Freud. Aunque la realidad nos dice que nuestra persona amada se ha marchado «no podemos obedecer sus órdenes de manera automática». Lloramos la pérdida del ser amado evocando un recuerdo detrás de otro, reviviéndolo y después desechándolo. A nivel neuronal, estamos activando cada una de las redes neuronales que estaban asociadas para formar nuestra percepción de esa persona, experimentando cada recuerdo con una vividez excepcional y después despidiéndonos de las redes una a una. Durante el duelo, *aprendemos* a vivir sin la persona amada, pero la razón de que esta lección nos resulte tan dura es que primero debemos *desaprender* la idea de que esa persona existe y nos quiere.

Walter J. Freeman, profesor de Neurociencia en Berkeley, fue el primero en asociar el amor y el desaprendizaje masivo. Ha reunido una gran cantidad de datos biológicos que apuntan a que la

reorganización neuronal a gran escala se produce en dos etapas de la vida: cuando nos enamoramos y cuando somos padres. Freeman argumenta que la reorganización plástica del cerebro —mucho más masiva que el aprendizaje o el desaprendizaje normales— es posible gracias a un neuromodulador cerebral.

Los neuromoduladores son distintos de los neurotransmisores. Mientras que éstos son liberados en la sinapsis para excitar o inhibir neuronas, los neuromoduladores aumentan o disminuyen la efectividad *general* de las conexiones sinápticas y traen consigo los cambios duraderos. Freeman cree que cuando adquirimos un compromiso amoroso liberamos un neuromodulador cerebral llamado oxitocina que permite que las conexiones neuronales existentes desaparezcan y se produzcan cambios a gran escala. La oxitocina recibe en ocasiones el nombre de «neuromodulador del compromiso», porque refuerza los lazos entre mamíferos. Se libera cuando los enamorados conectan y hacen el amor —en los humanos la oxitocina es liberada por ambos sexos durante el orgasmo— y cuando las parejas son padres y crían a sus hijos. En las mujeres la oxitocina se libera durante el parto y cuando amamantan. Un estudio con resonancia magnética funcional demuestra que cuando las madres ven fotografías de sus hijos las regiones de sus cerebros ricas en oxitocina se activan. Los mamíferos varones, cuando son padres, liberan un neuromodulador llamado vasopresina. Muchas personas jóvenes que dudan de si serán capaces de asumir las responsabilidades de ser padres no son conscientes de hasta qué punto la oxitocina puede cambiar su cerebro, permitiéndoles estar a la altura de las circunstancias.

Estudios realizados con un animal monógamo conocido como topillo de la pradera han revelado que la oxitocina, que normalmente se libera en sus cerebros durante el apareamiento, les hace emparejarse de por vida. Si a una topillo hembra se le inyecta oxitocina en el cerebro se emparejará de por vida con el macho más cercano. Si a un topillo macho se le inyecta vasopresina se apareará con la hembra más cercana. Parece ser que la oxitocina también refuerza los lazos entre padres e hijos y las neuronas que controlan su secreción pueden tener su propio periodo crítico. Los niños criados en orfanatos sin contacto afectivo cercano pueden tener problemas para mantener relaciones emocionales estables de adultos. Sus niveles de oxitocina permanecen bajos durante varios años incluso después haber sido adoptados por familias que les quieren.

Mientras que la dopamina produce excitación, nos pone en estado eufórico y desencadena nuestro deseo sexual, la oxitocina induce un estado de ánimo sereno y cálido que potencia sentimientos de ternura y apego y que puede llevarnos a bajar la guardia. Se ha observado que gente que inhala oxitocina antes de participar en un juego con apuestas, tiene una mayor tendencia a confiar su dinero a los demás. Aunque todavía no se han hecho estudios sobre el efecto de la oxitocina en los seres humanos, los indicios sugieren que su efecto es similar al producido en los topillos de la pradera: nos impulsa a comprometernos con nuestras parejas y a dedicarnos a nuestros hijos.

Pero la oxitocina opera de una forma única, relacionada con el desaprendizaje. En las ovejas es liberada por el llamado bulbo olfatorio, una parte del cerebro relacionada con la percepción de olores en cada nueva camada. Las ovejas y muchos otros animales «impregnan» a sus crías con este olor, amamantando a sus propios corderos y rechazando a los otros. Pero si se inyecta oxitocina en una oveja en presencia de un cordero que no es suyo se ha comprobado que también lo reconocerá como propio.

Sin embargo la oxitocina no se libera con la primera camada —sólo en las sucesivas— lo que sugiere que desempeña un papel a la hora de *eliminar* los circuitos neurales que unían a la madre con su primera camada, de forma que pueda ahora sentirse unida a la nueva. (Freeman sospecha que los lazos de la oveja con su primera camada proceden de otras sustancias neuroquímicas). La capacidad que tiene la oxitocina de eliminar comportamientos aprendidos ha llevado a los científicos a llamarla «la hormona de las amnesia». Freeman propone que la oxitocina hace desaparecer las conexiones neuronales existentes que subyacen a lazos afectivos anteriores de manera que puedan formarse otros nuevos. Según esta teoría, la oxitocina no enseña a los padres a serlo, ni tampoco a los enamorados a ser cariñosos, sino que más bien les permite aprender nuevos patrones de comportamiento.

La teoría de Freeman explica cómo el amor y la plasticidad se afectan mutuamente. La primera nos permite desarrollar un cerebro tan único —adecuado a nuestra experiencia individual— que a menudo nos es difícil ver el mundo con los ojos de los demás, querer lo que quieren otros o cooperar con ellos. Pero la reproducción de nuestra especie requiere cooperación. Lo que la naturaleza nos

da, a través de un neuromodulador como la oxitocina, es la capacidad de dos cerebros enamorados para atravesar juntos un periodo de alta plasticidad permitiéndoles amoldarse el uno al otro. Para Freeman, el cerebro es fundamentalmente un órgano de socialización, y por tanto debe existir un mecanismo que, de vez en cuando, deshaga nuestra tendencia a ser demasiado individualistas o demasiado centrados en nosotros mismos. Tal y como lo explica Freeman, «el significado último de nuestra experiencia sexual reside no en el placer, ni siquiera en la reproducción, sino en la oportunidad que proporciona de superar el abismo solipsista, de, por decirlo de alguna forma, abrir nuestras puertas, independientemente de que nos tomemos o no el trabajo de hacerlo. A la hora de crear confianza lo que cuenta no son los preliminares, sino el epílogo».

Esta idea de Freeman nos recuerda las variaciones infinitas del sentimiento amoroso: el hombre inseguro que abandona enseguida a la mujer después de haber hecho el amor porque teme que ésta le convenza de quedarse a dormir; la mujer que tiende a enamorarse de todos los hombres con los que se acuesta. O la repentina transformación del hombre al que nunca habían gustado los niños en un padre entregado; entonces decimos: «Ha madurado» y «los hijos son siempre lo primero», pero es posible que la oxitocina le haya ayudado, permitiéndole ir más allá de los patrones de egoísmo que tenía tan profundamente asimilados. Todo lo contrario del soltero empedernido que nunca se enamora y que con el paso de los años se vuelve más excéntrico e intolerable, reforzando así plásticamente sus rutinas mediante la repetición.

Desaprender en el amor nos permite cambiar la imagen que tenemos de nosotros mismos, para mejor, si tenemos una pareja que nos quiere. Pero también puede contribuir a hacernos más vulnerables cuando nos enamoramos, y eso explica porque tantos hombres y mujeres jóvenes seguros de sí mismos, cuando se enamoran de alguien manipulador o dominante a menudo pierden su seguridad y autoestima, algo de lo pueden tardar años en recuperarse.

Comprender el proceso de desaprendizaje y algunos de los pormenores de la plasticidad cerebral resultó ser crucial en el tratamiento de mi paciente A. Cuando fue a la universidad resultó que estaba reviviendo sus experiencias del periodo crítico, sintiéndose atraído por mujeres inestables y con pareja muy parecidas a su madre, al sentir que tenía el deber de amarlas y rescatarlas.

A estaba prisionero de dos trampas, la primera de las cuales era que aquella mujer estable y comprensiva, que podría haberle ayudado a desaprender su tendencia a enamorarse de mujeres problemáticas y enseñarle una nueva forma de amar, no le excitaba, por mucho que él lo deseara. De manera que estaba atrapado en una relación destructiva, formada durante su periodo crítico. Su segunda trampa, relacionada con la primera, también puede explicarse desde el punto de vista de la plasticidad. Uno de sus síntomas más preocupantes era la casi perfecta fusión entre sexo y violencia que se daba en su mente. Sentía que amar a una mujer significaba consumirla, comérsela viva y que ser amado era igual a ser comido. Y este sentimiento de que el intercambio sexual era un acto violento le trastornaba al tiempo que le excitaba. Pensar en sexo le llevaba inmediatamente a pensar en violencia y viceversa. Cuando era eficaz sexualmente tenía la sensación de que era peligroso; era como si sus mapas cerebrales para la sexualidad y la violencia estuvieran indiferenciados.

Merzenich ha descrito una serie de «trampas cerebrales» que se producen cuando dos mapas que deberían estar separados, se confunden. Como hemos visto, si se le cosían dos dedos a un mono y por tanto debían moverlos a un mismo tiempo, sus mapas respectivos se fundían en uno, porque las neuronas que emiten a la vez tienden a asociarse. Pero también descubrió que esto ocurre en la vida diaria. Cuando un músico utiliza dos dedos juntos con la frecuencia suficiente al tocar un instrumento, los mapas de ambos dedos en ocasiones se asocian y, cada vez que el músico trata de mover uno de ellos, el otro también lo hace. Los mapas de estos dos dedos están ahora «desdiferenciados». Cuanto mayor es la intensidad con la que el músico trata de hacer un único movimiento, más moverá ambos dedos juntos, fortaleciendo su mapa común. Cuanto más se esfuerza una persona por salir de esta trampa del cerebro, más se sumerge en ella y desarrolla una patología llamada «distonia focal». Algo similar ocurre a los japoneses que tratan de hablar inglés y no distinguen entre la erre y la ele porque estos sonidos nos están diferenciados en sus mapas cerebrales. Cada vez que intentan pronunciarlos los dicen mal, agravando así su incapacidad.

Eso es lo que creo que le ocurría a A. Cada vez que pensaba en el sexo pensaba en la violencia y cada vez que pensaba en la violencia pensaba en el sexo, reforzando así las conexiones en el mapa común a estos dos pensamientos.

Una colega de Merzenich llamada Nancy Byl, que practica la medicina, enseña a personas que son incapaces de controlar sus dedos a rediferenciar los mapas cerebrales correspondientes a éstos. El truco está en no tratar de mover los dedos por separado, sino en volver a aprender a usar las manos como cuando eran bebés. Cuando trata a guitarristas con distonia focal que han perdido el control de sus dedos, por ejemplo, primero les obliga a dejar de tocar la guitarra por un tiempo, de forma que el mapa asociado se debilite. A continuación les permite sólo sostener la guitarra durante unos días; después una sola cuerda con un tacto diferente procedente de una guitarra normal se coloca en la guitarra y tienen que sentirla con cuidado con un solo dedo. Por último usan un segundo dedo para una segunda cuerda y, con el tiempo, los mapas de los dedos que se han fundido se separan, y pueden volver a tocar.

A empezó a hacer psicoanálisis, una vez que hubimos llegado a la conclusión acerca de por qué sexo y violencia se habían fundido en su cabeza, rastreando el origen de su trampa cerebral hasta sus vivencias con su madre alcohólica que a menudo daba rienda suelta a sus sentimientos sexuales y violentos al mismo tiempo. Pero cuando constaté que A seguía siendo incapaz de cambiar aquello que le atraía, hice algo similar a lo que Merzenich y Byl hacían para rediferenciar mapas cerebrales. Durante un periodo de tiempo prolongado, cada vez que A expresaba cualquier clase de sentimiento de ternura física que no fuera de tipo sexual y no estuviera mezclado con violencia se lo hacía notar y le pedía que lo considerara cuidadosamente, recordándole así que era capaz de albergar sentimientos positivos y de experimentar intimidad.

Cuando los pensamientos violentos le asaltaban le hacía revivir esa experiencia particular hasta encontrar el más mínimo ejemplo en el que la violencia estuviera desligada del sexo o incluso fuera digna de alabanza, como en el caso de la autodefensa justificada. Cada vez que surgían estas áreas —ternura física o agresión no destructiva— llamaba su atención sobre ellas y con el tiempo, fue capaz de formar dos mapas cerebrales diferenciados, uno para la intimidad física, que no tenía nada que ver con la seducción que sobre él ejercía su madre, y otra para la agresividad —incluida la asertividad sana— muy distinta de la violencia sin sentido de la que había sido víctima cuando su madre estaba bebida.

Separar sexo y violencia en sus mapas cerebrales le permitió a A sentirse mejor con relación a las relaciones sentimentales y el sexo, y la mejoría pronto fue generalizada. Aunque no fue inmediatamente capaz de enamorarse o de excitarse sexualmente con una mujer sana, sí se enamoró de una mujer algo más estable desde el punto de vista emocional que su anterior pareja y se benefició del aprendizaje y el desaprendizaje que esta relación amorosa le proporcionó. Tras esta experiencia pudo mantener relaciones cada vez más saludables, desaprendiendo un poco más cada día, y al concluir la terapia estaba felizmente casado; su temperamento y sus preferencias sexuales se habían transformado de manera radical.

Reeducar nuestros sistemas de placer y el punto hasta el que nuestros gustos sexuales pueden considerarse adquiridos se hace especialmente evidente en perversiones como el masoquismo sexual, que transforma el dolor físico en placer. Para hacer esto el cerebro debe volver placentero algo que es inherentemente desagradable y los impulsos que por lo general desencadenan nuestro sistema del dolor sufren una transformación plástica y se integran en nuestro cerebro.

Las personas con estas tendencias sexuales a menudo organizan sus vidas en torno a actividades que combinan violencia y sexualidad, y a menudo disfrutan con, e incluso idealizan, conceptos como la humillación, la rebelión, lo prohibido, lo furtivo, lo pecaminoso y el desafío a los tabús sociales; se sienten especiales porque no se consideran «normales». Estas actitudes «transgresoras» o desafiantes son indispensables para el goce sexual. La idealización de lo perverso y la devaluación de lo considerado «normal» está descrito de forma brillante en la novela de Vladimir Nabokov *Lolita*, en la que un hombre de mediana edad idolatra y mantiene relaciones sexuales con una preadolescente de 12 años mientras que desprecia a las mujeres adultas.

El sadismo sexual es un ejemplo de plasticidad en tanto que fusiona dos tendencias, la sexual y la violenta, cada una de las cuales puede proporcionar placer por separado y las combina de forma que cuando se ponen en práctica el placer se duplica. Pero el masoquismo va más allá, porque implica algo inherentemente desagradable como es el dolor y lo convierte en placer, alterando así las inclinaciones sexuales de manera más profunda y demos-

trando hasta qué punto son plásticos nuestros centros de placer y de dolor.

Durante años la policía, a través de continuas redadas en locales de prácticas sadomasoquistas, supo más acerca de este tipo de inclinaciones sexuales que la mayoría de los médicos. Mientras que los pacientes con desviaciones sexuales más leves suelen acudir a terapia aquejados de ansiedad o depresión, aquellos con problemas más agudos no acostumbran a buscar ayuda, porque por lo general disfrutan de sus prácticas.

Robert Stoller, un psicoanalista clínico de California, realizó importantes descubrimientos visitando locales de *sadomaso* (S&M) y dominación y sumisión (B&S) en Los Ángeles. Entrevistó a personas que practicaban sadomasoquismo duro, en el que los malos tratos físicos son de verdad y descubrió que todas habían padecido enfermedades graves durante la infancia y que habían pasado por tratamientos médicos realmente dolorosos. «Como resultado de ellos», escribe Stoller, «habían tenido que pasar periodos de tiempo prolongados confinados en el hospital sin ocasión de descargar sus sentimientos de impotencia, rabia y desesperación de manera libre y apropiada. De ahí sus prácticas sexuales». De niños habían tomado de forma consciente el dolor y la rabia que eran incapaces de expresar y los habían transformado en ensoñaciones, en estados mentales alterados o en fantasías masturbatorias que les permitían revivir su trauma infantil pero esta vez con un final feliz, diciéndose a sí mismos: *Esta vez gano yo.* Y la forma que tenían de ganar era erotizar su dolor físico.

La noción de que un sentimiento inherentemente doloroso puede tornarse placentero nos resulta al principio difícil de creer, porque tendemos a asumir que cada una de nuestras sensaciones y emociones es inherentemente placentera (triunfo, alegría y placer sexual) o dolorosa (tristeza, miedo y dolor). Pero en realidad esta suposición no se sostiene. Hay lágrimas de felicidad y victorias amargas; y las personas con neurosis pueden sentir culpabilidad ante el placer sexual o no sentir placer allí donde otras sí lo experimentan. Cualquier emoción que consideramos inherentemente negativa, como la tristeza, puede, cuando es expresada de forma bella a través del arte, la literatura o la música, convertirse en algo conmovedor e incluso sublime. El miedo puede ser algo emocionante en las películas de terror o en la montaña rusa. El cerebro hu-

mano parece capaz de asociar muchos de nuestros sentimientos y sensaciones bien a los centros de placer o de dolor, y cada uno de estos vínculos o asociaciones mentales requiere una nueva conexión plástica dentro del cerebro.

Los practicantes de masoquismo duro a quienes Stoller entrevistó debieron de formar un vínculo entre las sensaciones dolorosas que habían sufrido y sus centros de placer sexual, con el resultado de una nueva experiencia combinada: la del dolor voluptuoso. Que todos padecieran experiencias dolorosas durante la infancia sugiere que este cambió ocurrió durante el periodo crítico de la plasticidad sexual.

En 1997 se estrenó un documental que arroja luz sobre plasticidad y masoquismo: *Sick: The Life and Death of Bob Flanagan, Supermasochist* [Vida y muerte de Bob Flanagan, supermasoquista] Bob Flanagan realizaba prácticas masoquistas en público como artista de *performance* y exhibicionista y resultaba poético, expresivo y en ocasiones muy divertido.

En las primeras escenas del documental le vemos desnudo y humillado mientras le arrojan tartas a la cara y le alimentan con un embudo. Pero después las imágenes se vuelven más duras y nos lo muestran herido y atragantándose, sugiriendo formas de sufrimiento físico cada más inquietantes.

Bob nació en 1952 con fibrosis quística, un desorden genético de los pulmones y el páncreas en el que el organismo produce un exceso de mucosidad que forma coágulos en las vías respiratorias, haciendo imposible que el paciente respire con normalidad y conducente a problemas digestivos crónicos. De niño, Bob tenía que luchar para respirar y a menudo se ponía cianótico por falta de oxígeno. La mayoría de los enfermos de fibrosis quística mueren de niños o antes de cumplir los 30.

Los padres de Bob se dieron cuenta de que sufría desde el momento en que regresaron a casa desde el hospital. Cuando tenía solo 18 meses los médicos descubrieron pus entre sus pulmones y comenzaron a drenarle el pecho con agujas. Bob enseguida aprendió a temer estos tratamientos y gritaba desesperado. Durante toda su infancia pasó largos periodos hospitalizado y confinado, desnudo, dentro de una especie de tienda de campaña con forma de burbuja —una de las formas de diagnosticar la fibrosis quística— sintiéndose humillado por estar desnudo a la vista de los demás. Pa-

ra ayudarle a respirar y combatir posibles infecciones, estaba conectado a toda clase de tubos. También era consciente de la severidad de su enfermedad: dos de sus hermanas pequeñas la habían padecido; una había muerto a los 6 meses, la otra a los 21 años.

A pesar del hecho de que se había convertido en el chico estrella de la Sociedad de Fibrosis Quística del Condado de Orange al haber sobrevivido tantos años a la enfermedad, Bob empezó a llevar una vida secreta. De niño, cada vez que le dolía mucho el estómago, solía tocarse el pene para distraer el dolor. Para cuando estaba en el instituto, le gustaba yacer denudo por la noche y untarse el cuerpo con un pegamento espeso, no sabía por qué razón. También solía colgarse del marco de la puerta atándose con un cinturón buscando las posturas más dolorosas y pronto empezó a clavarse agujas en el cinturón para que le desgarraran la carne.

Cuando tenía 31 años se enamoró de Sheere Rose, una mujer que procedía de una familia problemática. En el documental vemos a la madre de Sheere humillar abiertamente a su esposo, el padre de Sheere quien, según afirma su hija, era un ser pasivo incapaz de demostrar afecto a su hija. Sheere se describe a sí misma como una persona dominante ya desde pequeña. Es la sádica de Bob. En el documental usa a éste, con su consentimiento, como su esclavo. Le humilla, le hace cortes cerca de los pezones con un cúter, le pone pinzas en los pezones, le alimenta a la fuerza, le ahoga con una cuerda hasta que se vuelve azul, le mete por el ano una pelota de acero del tamaño de una bola de billar y le pincha con agujas en sus zonas erógenas. La boca y los labios de Bob están cosidos con grapas. En sus escritos relata cómo se bebe la orina de Sheree en un biberón. Vemos su pene cubierto de heces; todos y cada uno de sus orificios son violados o invadidos. Estas actividades le producen erecciones e intensos orgasmos durante el acto sexual que a menudo las sigue.

A sus cuarenta y pocos años, Bob se había convertido en el superviviente de fibrosis quística de mayor edad. Lleva su masoquismo a la calle, a locales *sadomaso* y a museos de arte, donde escenifica en público sus rituales masoquistas, siempre con la máscara de oxígeno puesta. En una de las últimas escenas del documental Bob, desnudo, coge un martillo y clava su pene a un tablón. A continuación retira el clavo de manera que la sangre salpica la cámara como una fuente procedente del profundo agujero hecho en su pene.

Es importante describir con precisión el grado de resistencia del sistema nervioso de Bob Flanagan para comprender hasta qué punto pueden desarrollarse circuitos mentales completamente nuevos que unen los centros de dolor con los de placer. La idea de Flanagan de que su dolor debía convertirse en placer tiñó sus fantasías desde la temprana infancia. Su extraordinaria historia nos confirma que su compleja sexualidad se había desarrollado a partir de sus experiencias y de sus recuerdos traumáticos. De niño vivía atado a su cuna para que no pudiera escaparse y hacerse daño. Cuando cumplió los 7 años su confinamiento se había transformado en deseo de estar encerrado. De adulto disfrutaba cuando le ataban y le esposaban o le colgaban durante largos periodos de tiempo en posturas dolorosas, que los torturadores emplean con sus víctimas. De niño tuvo que soportar ser humillado por doctores y enfermeras más fuertes que él; de adulto, se sometió voluntariamente a Sheere convirtiéndose en su esclavo y en objeto de sus prácticas sadomasoquistas. Incluso aspectos más sutiles de su relación de infancia con los médicos se repetían en la edad adulta. El hecho de que Bob diera su consentimiento a Sheere repetía un trauma infantil porque, pasada una cierta edad, cada vez que los médicos le sacaban sangre, le clavaban agujas y, en suma, le hacían daño, él les daba permiso, sabedor de que su vida dependía de ello.

Esta repetición de los traumas de la infancia hasta en los detalles más pequeños es típica de las personas con perversiones sexuales. Los fetichistas —que se excitan con determinados objetos— tienen idénticos síntomas. Un fetiche, afirmaba Robert Stoller, es un objeto que cuenta una historia, que captura escenas de un trauma infantil y las erotiza (está el caso de un hombre fetichista de la ropa interior y las gabardinas de goma que siendo niño mojaba la cama con regularidad, algo que le resultaba humillante y embarazoso. El mismo Flanagan tenía un número de objetos fetiche que sin duda simulaban instrumental médico —clavos, destornilladores y martillos— que usaba alternativamente para estimulación erótico masoquista, para penetrar, pinchar o golpear su carne).

Sus centros de placer se habían sin duda reeducado de dos maneras. En primer lugar, emociones por lo general desagradables como la angustia se habían vuelto placenteras para él. En el documental nos explica que está constantemente coqueteando con la muerte porque siempre se le dijo que moriría joven y está tratando de dominar su miedo a este hecho. En su poema de 1845 «Por-

que», deja claro que el supermasoquismo le permite sentirse triunfante, valiente e invulnerable después de toda una vida de vulnerabilidad. Pero va más allá de dominar su miedo. Humillado por médicos que le desnudaban y le metían en una burbuja de plástico para medir su sudoración, ahora Bob se desnuda orgulloso en los museos. Para dominar la vulnerabilidad y la humillación que experimentó de niño, se ha convertido en un exhibicionista triunfal. La vergüenza se ha convertido en placer, en desvergüenza.

El segundo aspecto de su reeducación cerebral es que el dolor físico se ha convertido en placer. Sentir el metal en su carne ahora le resulta grato, le produce erecciones y orgasmos. Algunas personas sometidas a gran estrés físico liberan endorfinas, analgésicos parecidos a los opiáceos que produce nuestro organismo que nos vuelven eufóricos e insensibles al dolor. Pero Flanagan nos explica que no se ha vuelto insensible, sino que se siente atraído por él. Cuanto mayor daño se hace más sensible es al dolor y porque sus centros de dolor y placer están conectados, Flanagan disfruta con el dolor intenso.

Al nacer los niños son seres indefensos, y durante el periodo crítico de la plasticidad sexual harán cualquier cosa para evitar ser abandonados y mantener sus lazos con los adultos, incluso si ello supone aprender a amar el dolor y el sufrimiento que éstos le infligen. Los adultos del pequeño mundo de Bob le hacían daño «por su propio bien» y ahora, al convertirse en un supermasoquista, trata el dolor de forma irónica, como si fuera algo bueno. Es perfectamente consciente de que se encuentra atrapado en su pasado, de estar reviviendo su infancia y afirma hacerse daño a sí mismo porque «soy un bebé grande y quiero seguir siéndolo». Tal vez la fantasía de *seguir siendo* ese bebé torturado es una forma imaginaria de alejar la muerte que le acecha en caso de que se haga mayor. Si puede mantenerse como un eterno Peter Pan, «torturado» sin fin por Sheere, al menos nunca crecerá y por tanto no habrá muerto prematuramente.

Al final de la película vemos como Flanagan muere. Deja de hacer chistes y empieza a asemejarse a un animal acorralado, abrumado por el miedo. El espectador comprende cuán aterrorizado debió de sentirse de niño, antes de descubrir el masoquismo como vía para dominar su dolor y su terror. Llegados a este punto, Bob nos cuenta que Sheere ha estado hablando de dejarle, evocando así el peor de los miedos de todo niño que sufre: ser abandonado.

Sheere afirma que el problema es que Bob ya no se somete a ella y éste parece consternado, aunque al final Sheere se queda a su lado y lo cuida con ternura.

En sus últimos momentos, ya casi en estado de shock, Bob pregunta suplicante: «¿Me estoy muriendo? No lo entiendo... ¿Qué está pasando?... Nunca pensé que llegaría este momento». Tan poderosos eran sus juegos, rituales y fantasías masoquistas en las que representaba una muerte dolorosa que todo indica que había llegado a pensar que la había vencido.

En cuanto a mis pacientes adictos al porno, la mayoría fueron capaces de superar el síndrome de abstinencia una vez entendieron el problema y cómo estaban reforzándolo con su comportamiento. Con el tiempo descubrieron que volvían a sentirse atraídos por sus parejas. Ninguno de ellos tenía temperamento adictivo ni arrastraba traumas infantiles serios, y cuando comprendieron lo que en realidad les ocurría dejaron de usar sus ordenadores durante una semana para debilitar la conexión neuronal problemática, y su apetito por la pornografía disminuyó. Su tratamiento para inclinaciones sexuales aprendidas a edad avanzada resultó más sencillo que en aquellos pacientes quienes, durante sus periodos críticos, habían adquirido una preferencia por tipos sexuales problemáticos. Y sin embargo algunos de estos hombres pudieron, como A, cambiar sus preferencias sexuales, porque las mismas leyes de la plasticidad que nos permiten adquirir gustos problemáticos también nos permiten, con ayuda de un tratamiento intensivo, adquirir otros nuevos y más saludables e incluso, en algunos casos, perder los viejos que nos causaban problemas. Es la ley del úsalo o lo perderás, también válida para el amor y el deseo sexual.

V

Salir de la oscuridad

Víctimas de derrames cerebrales aprenden a moverse y a hablar de nuevo

Michael Bernstein, cirujano oftalmólogo y forofo del tenis, que practica seis días a la semana, estaba en su mejor momento a la edad de 54 años, casado y con cuatro hijos cuando sufrió un derrame cerebral que le dejó incapacitado. Se sometió a una novedosa terapia neuroplástica, se recuperó, y estaba de vuelta al trabajo cuando le visité en sus oficinas en Birminghan, Alabama. Debido a la cantidad de habitaciones que había le pregunté si había más médicos trabajando con él. No, me explicó, tiene varias habitaciones porque muchos de sus pacientes son personas mayores y, en lugar de hacerles desplazarse, va él hasta ellos.

—A algunos de los más mayores les cuesta moverse. Han sufrido derrames cerebrales —dice riendo.

La mañana en que sufrió el derrame el doctor Bernstein había operado a siete pacientes, practicando sus cirugías más habituales: cataratas, glaucoma, refractiva, todos ellos procedimientos delicados en el ojo. Después, cuando decidió relajarse un rato jugando un partido de tenis, su contrincante le comentó que parecía tener mal el sentido del equilibrio y que no estaba jugando tan bien como solía. Terminado el partido fue en coche al banco a hacer unas gestiones y, cuando trató de levantar la pierna para salir de su deportivo, no pudo. Cuando regresó a su consulta su secretaria le dijo que no tenía buen aspecto. Su médico de cabecera, el doctor Lewis, que tenía la consulta en el mismo edificio, sabía que Bernstein tenía una diabetes leve, el colesterol alto y que su madre había sufrido varios derrames cerebrales, lo que le hacía propenso a sufrir

uno a edad temprana. Lewis le puso una inyección de eparina para evitar que se le formaran coágulos en la sangre y la mujer de Bernstein le llevó al hospital.

Durante las doce o catorce horas siguientes el derrame se agudizó y Bernstein pronto tuvo todo el lado izquierdo del cuerpo paralizado, una señal de que una parte importante de su corteza motora había resultado dañada. Un escáner cerebral confirmó el diagnóstico; los médicos observaron una lesión en la zona derecha del cerebro que controla el movimiento en el lado izquierdo del cuerpo. Bernstein pasó una semana en cuidados intensivos, donde mostró algunos signos de recuperación. Después de una semana de fisioterapia, terapia ocupacional y logopedia en el hospital, se le trasladó a un centro de rehabilitación durante dos semanas, al cabo de las cuales regresó a casa. Recibió tres semanas más de rehabilitación como paciente ambulatorio y se le dijo que su tratamiento había terminado. Había recibido el tratamiento estándar que se da a los pacientes de derrame cerebral.

Pero su recuperación no era completa; seguía necesitando un bastón para caminar y apenas podía mover la mano izquierda. No podía hacer movimiento de pinza con los dedos índice y pulgar. Aunque había nacido diestro, había sido ambidiestro antes de sufrir el derrame y capaz de operar cataratas con la mano izquierda. Ahora no podía usarla. No podía sostener un tenedor, llevarse una cuchara a la boca o abotonarse una camisa. En un momento determinado de su rehabilitación le llevaron en silla de ruedas a una pista de tenis y le dieron una raqueta para ver si era capaz de sostenerla. No pudo y empezó a pensar que nunca más volvería a jugar al tenis. Aunque le habían dicho que podría volver a conducir su Porsche, esperó hasta estar solo en casa. Entonces, cuenta, «me metí en mi coche de 50.000 dólares, lo saqué marcha atrás del garaje y conseguí llevarlo hasta el final de la rampa de entrada. Una vez allí miré en ambas direcciones sintiéndome como un adolescente robando un coche. Fui hasta el final de la calle y el motor se caló. La llave de encendido en los Porsche está en el lado izquierdo y no podía girarla, así que tuve que alargar la mano derecha, porque no estaba dispuesto a dejar el coche ahí y tener que llamar a casa para que vinieran a buscarme. Por supuesto la pierna izquierda no me respondía bien, y tenía dificultades para manejar la palanca de cambios».

El doctor Bernstein fue una de las primeras personas en acudir a la Taub Therapy Clinic para someterse a la terapia de movi-

miento inducido forzado o TMIF de Edward Taub, cuando el programa estaba aún en fase de investigación. Decidió que no tenía nada que perder.

Sus progresos fueron muy rápidos. Él lo describe así: «No nos daban tregua. Empezábamos a las ocho de la mañana y no descansábamos hasta las cuatro y media, incluso trabajábamos durante la comida. Sólo éramos dos pacientes, porque la terapia estaba aún en fase experimental. La otra paciente era una enfermera, más joven que yo, tendría 41 o 42 años, que había sufrido el derrame después de tener un niño. Y aunque era muy competitiva», se ríe, «nos llevábamos bien y de alguna manera nos ayudábamos. Teníamos que hacer toda clase de pequeñas tareas, como pasar unas latas de un estante a otro. Y ella era bajita, así que yo ponía las latas lo más alto que podía».

Lavaban manteles y limpiaban los cristales del laboratorio para practicar así el movimiento circular de los brazos. Para fortalecer las redes neuronales correspondientes a las manos y desarrollar el control de éstas, debían estirar gruesas gomas elásticas enrolladas alrededor de sus dedos más débiles y después abrir éstos forzando contra la resistencia de las gomas. «Después me sentaba y practicaba el abecedario, escribiendo con la mano izquierda». En dos semanas había aprendido a escribir en mayúsculas y, a continuación a escribir con su mano dañada. Hacia el final de su estancia en el programa era capaz de jugar al Scrabble, cogiendo las fichas con la mano izquierda y colocándolas en el lugar adecuado en el tablero. Estaba recuperando sus habilidades motoras. Cuando llegó a casa, siguió haciendo los ejercicios y mejorando. Después recibió un nuevo tratamiento, de estimulación eléctrica en el brazo, para activar sus neuronas.

Ahora ha vuelto a trabajar en su ajetreada consulta y juega al tenis tres veces por semana. Aún tiene dificultades para correr y hace rehabilitación para fortalecer una debilidad en la pierna que no le fue tratada en la clínica Taub, que desde entonces ha inaugurado un nuevo programa para personas con parálisis en las piernas.

Le quedan algunas secuelas: el brazo izquierdo no está completamente normal, como suele ocurrir tras seguir una terapia TMIF. Está recuperando sus funciones, pero no hasta el grado de antes del derrame. Sin embargo, cuando le pedí que escribiera con la mano izquierda, su caligrafía parecía perfectamente normal, y nunca ha-

bría adivinado si era obra de un diestro o de alguien con un historial de derrame cerebral.

Aunque Bernstein había mejorado reorganizando su cerebro desde el punto de vista estructural y se sentía preparado para volver a operar, decidió no hacerlo, pero sólo porque, en caso de que algún paciente decidiera demandarle por negligencia, lo primero que esgrimirían los abogados de la acusación sería que no debía haber seguido operando después de un derrame cerebral. ¿Quién creería que el doctor Bernstein había sido capaz de recuperarse hasta tal punto?

Los derrames cerebrales suponen un duro golpe para quien los sufre. Un coágulo, un trombo o una hemorragia ocurrida en las arterias cerebrales impide que el oxígeno llegue a los tejidos del cerebro, que acaban muriendo. En los casos más extremos, las víctimas de derrames terminan siendo sombras de lo que fueron, a menudo internadas en residencias impersonales, atrapadas en sus propios cuerpos, incapaces de ocuparse de sí mismos, de hablar, de moverse. Los derrames cerebrales son una de las principales causas de incapacidad entre la población adulta. Aunque los más afectados suelen ser personas de edad avanzada, también se da en gente de 40 años e incluso más joven. En la sala de urgencia, los médicos pueden evitar que el derrame empeore deshaciendo el coágulo o deteniendo la hemorragia, pero una vez el daño está hecho es muy poco lo que puede hacer la medicina moderna, al menos hasta que Edward Taub inventó su tratamiento basado en la plasticidad. Hasta la aparición de la terapia TMIF (terapia de movimiento inducido forzado), los estudios realizados con pacientes crónicos de derrame cerebral concluían que no existía ningún tratamiento efectivo. Existían casos excepcionales de pacientes totalmente recuperados después de sufrir un derrame, como el del padre de Paul Bach-y-Rita y también se daban casos de recuperaciones espontáneas, pero, una vez que los pacientes dejaban de mejorar, las terapias tradicionales no eran de gran ayuda. El tratamiento diseñado por Taub cambió todo esto, ayudando a víctimas de derrames cerebrales a reorganizar sus cerebros. Personas que llevaban años paralizadas y a las que se había dicho que nunca mejorarían, empezaron a recuperar movilidad. Algunos volvieron a hablar. Niños con parálisis cerebral mejoraron el control de sus movimientos y este tratamiento también augura mejorías a pa-

cientes con lesiones en la médula espinal, mal de Parkinson, esclerosis múltiple e incluso artritis.

Y sin embargo son pocos los que han oído hablar de los espectaculares avances de Taub, aunque éste puso los cimientos de los mismos hace ya un cuarto de siglo, en 1981. Tardó en compartirlos con el resto del mundo porque fue uno de los científicos malditos de nuestro tiempo. Los monos con los que trabajaba se convirtieron en los animales de laboratorio más famosos de la historia, pero no debido a los experimentos que Taub realizaba con ellos, sino a las acusaciones de que sufrían malos tratos, unas acusaciones que impidieron a Taub trabajar durante años y que parecían plausibles, porque entonces él estaba a tantos años luz de sus colegas que su afirmación de que víctimas de derrames cerebrales podían mejorar gracias a un tratamiento basado en la plasticidad parecía increíble.

Edward Taub es un hombre pulcro y tímido que concede gran atención a los detalles. Tiene más de 70 años, aunque parece más joven, viste con elegancia y va peinado a la perfección. Cuando conversa se revela como un hombre culto y habla con voz suave, corrigiéndose a sí mismo a menudo para asegurarse de que explica las cosas con claridad. Vive en Birmingham, Alabama, en cuya Universidad por fin es libre de desarrollar su tratamiento de víctimas de derrame cerebral. Su mujer, Mildred, fue soprano, grabó discos con Stravinski y cantó en el Metropolitan de Nueva York. Sigue siendo una belleza, con una magnífica melena y la calidez propia de las mujeres sureñas.

Taub nació en Brooklyn en 1931, estudió en colegios públicos y se graduó en el instituto con sólo 15 años. En la Universidad de Columbia estudió «behaviorismo» con Fred Keller. El behaviorismo estaba dominado entonces por las teorías del psicólogo B. F. Skinner, y Keller era su lugarteniente. Los behavioristas de la época creían que la psicología debía ser una ciencia «objetiva» y ocuparse únicamente de aquello que puede ser visto y medido, es decir, de las conductas observables. Había nacido como una reacción contra las teorías psicológicas que se centraban en la mente porque para los behavioristas, los pensamientos, los sentimientos y los deseos eran meramente experiencias «subjetivas» que no podían medirse de forma objetiva. Tampoco les interesaba la fisiología del cerebro y argumentaban que éste, al igual que la mente, era una «caja

negra». El mentor de Skinner John B. Watson escribió despectivamente: «La mayor parte de los psicólogos hablan con ligereza acerca de la formación de nuevos caminos en el cerebro, como si fueran un grupo de minúsculos siervos de Vulcano que circulan por el sistema nervioso armados con un martillo y un cincel excavando nuevas trincheras y haciendo más profundas las existentes». Para los behavioristas lo que ocurría en el interior de la mente o el cerebro no tenía la menor importancia, y para descubrir las leyes del comportamiento bastaba aplicar un estímulo a un animal o un ser humano y observar su reacción.

En Columbia los behavioristas trabajaban sobre todo con ratas. Cuando todavía era un estudiante, Taub desarrolló un nuevo método de observar a estos animales y de registrar sus actividades mediante una especie de «diario de ratas». Pero cuando empleó este método para comprobar una determinada teoría de su mentor Fred Keller descubrió, para su horror, que era errónea. Taub apreciaba a Keller y dudó de si discutir con él el resultado de su experimento, pero Keller acabó por enterarse y le dijo a Taub que debía siempre «aceptar lo que le muestran los datos».

Por entonces el behaviorismo, al insistir en que la conducta es la respuesta a un estímulo, retrataba a los humanos como seres pasivos y por lo tanto, apenas podía explicar por qué hacemos muchas cosas de forma voluntaria. Taub se dio cuenta de que la mente y el cerebro deben participar a la hora de iniciar determinados comportamientos y que el desprecio del behaviorismo por ellos era en realidad un error crucial. Entonces hizo algo por entonces impensable para un científico behaviorista. Aceptó un puesto como asistente de investigación en un laboratorio neurológico experimental, para así aprender más sobre el sistema nervioso. En dicho laboratorio estaban llevando a cabo experimentos de «desdiferenciación» con monos.

La desdiferenciación es una técnica antigua, ya empleada por el premio Nobel sir Charles Sherrington en 1895. En ella un «nervio aferente» es un «nervio sensor», que conduce el impulso nervioso a la médula espinal y de ahí al cerebro. La desdiferenciación es un procedimiento quirúrgico en el que los nervios sensores son seccionados de manera que no pueden transmitir impulsos. Un mono desdiferenciado no es capaz de saber dónde están sus articulaciones o de sentir dolor u otra sensación en ellos cuando las tocan. La siguiente gran proeza de Taub —cuando aún era estudian-

te universitario— fue desmentir una de las principales teorías de Sherrington y sentar así las bases para el tratamiento de los derrames cerebrales.

Sherrington defendía la idea de que *todos* nuestros movimientos son respuesta a estímulos y que nos movemos, no porque nuestro cerebro así lo ordene, sino por acción de nuestros reflejos espinales. Esta idea se llamó «teoría reflexológica del movimiento» y era la teoría dominante en la neurociencia. Según ella, el cerebro no participa en los reflejos espinales. Hay numerosos reflejos espinales, pero el ejemplo más sencillo es el de la rodilla. Cuando el doctor nos da un golpecito en la rodilla un receptor sensor situado bajo la piel recibe el golpe y transmite un impulso por la neurona sensora del muslo y desde ahí a la médula espinal, que a su vez lo traslada a una neurona motora situada en la *médula*, la cual devuelve el impulso al músculo del muslo haciendo que se contraiga y que la pierna se mueva hacia delante involuntariamente. Cuando caminamos, el movimiento de una pierna desencadena el de la otra, en una acción refleja.

Esta teoría pronto se empleó para explicar todas las clases de movimiento. Sherrington basaba su convicción de que los reflejos eran la base del movimiento en un experimento de desdiferenciación que había hecho en colaboración con F. W. Mott, en el que habían desdiferenciado los nervios sensores del brazo de un mono, cortándolos antes de que llegaran a la médula espinal, de manera que no pudieran llegar señales sensoriales al cerebro procedentes de ella, y descubrieron que el mono respondía dejando de usar ese brazo. Esto parecía extraño, ya que habían cortado los nervios *sensores* (encargados de transmitir sensaciones) y no los *motores* (que estimulan el movimiento). Sherrington podía entender por qué los monos dejaban de sentir el brazo, pero no por qué dejaban de moverlo. Para resolver esta incógnita, propuso que el movimiento se basa en, o está propiciado por la parte sensora del reflejo espinal, y que sus monos no podían mover el brazo porque había destruido la parte sensora de su reflejo al desdiferenciar los nervios de su brazo.

Otros teóricos pronto se sumaron a esta idea, argumentando que todos los movimientos, y por extensión todo lo que hacemos, incluso conductas complejas, están hechos de cadenas de reflejos. Incluso movimientos tan voluntarios como escribir requieren que la corteza motora *modifique* reflejos preexistentes. Aunque los behavioristas se oponían al estudio del sistema nervioso, aceptaron la

teoría de que todos los movimientos se basaban en respuestas reflejas porque así la mente y al cerebro quedaban fuera del comportamiento. Esto a su vez apoyaba la idea de que todo comportamiento está predeterminado por nuestras acciones pasadas y que el libre albedrío es una ilusión. El experimento de Sherrington pasó así a convertirse en referencia en las facultades de Medicina.

Taub, que entonces trabajaba con el neurocirujano A. J. Berman, quiso saber si era capaz de repetir el experimento de Sherrington con un número mayor de monos, esperando obtener idénticos resultados. Pero decidió dar un paso más y no sólo desdiferenciar un brazo de cada mono, sino además poner el otro en un cabestrillo, de forma que no pudiera moverlo. Se le había ocurrido que tal vez los monos no usaran el brazo desdiferenciado porque les resultaba más fácil usar el otro y que colocar éste en cabestrillo podría forzar al mono a usar el desdiferenciado para alimentarse y moverse.

Funcionó. Los monos, al verse incapaces de usar el brazo bueno, empezaron a usar el desdiferenciado. Taub dijo: «Lo recuerdo como si fuera hoy. Me di cuenta de que llevaba viendo a los monos usar su brazo desdiferenciado durante varias semanas pero no lo había verbalizado, porque era algo que no esperaba».

Taub sabía que su descubrimiento tenía importante implicaciones. Si los monos eran capaces de mover sus brazos desdiferenciados sin tener sensación en ellos, entonces Sherrington y los maestros de Taub estaban equivocados. Debían de existir programas motores independientes en el cerebro capaces de iniciar movimientos voluntarios; el behaviorismo y la neurociencia habían estado ciegos durante setenta años. Taub también sabía que su descubrimiento sería clave para la recuperación de víctimas de derrames cerebrales porque los monos, al igual que estos pacientes, parecían totalmente incapaces de mover el brazo desdiferenciado. Tal vez los pacientes también podrían mover las extremidades paralizadas si se les forzaba.

Pronto descubrió que no todos los científicos estaban tan dispuestos como Keller a ver desmentidas sus teorías. Los acérrimos seguidores de Sherrington criticaron el experimento, la metodología y la interpretación de Taub. Las agencias de becas de investigación empezaron a debatir si un estudiante universitario debía seguir siendo subvencionado. El profesor de Taub en Columbia,

Nat Schoenfeld, había desarrollado una famosa teoría behaviorista basada en los experimentos de Sherrington. Cuando llegó el día en que Taub tenía que defender su tesis doctoral, la sala, generalmente vacía en estos casos, estaba llena a rebosar. El mentor de Taub, Keller, no estaba, pero Shoenfeld sí. Taub expuso sus datos y su interpretación de los mismos. Schoenfeld le rebatió y abandonó la sala. Entonces llegaron los exámenes finales. Para entonces Taub tenía más becas de investigación que muchos de los miembros del claustro y optó por dedicarse a reunir la documentación necesaria para dos de ellas durante la semana de los exámenes finales, confiando en poder presentarse en la siguiente convocatoria. Cuando esto le fue denegado y le suspendieron por «insolente», decidió terminar su doctorado en Nueva York. La mayor parte de los científicos de su campo se negaban a aceptar sus descubrimientos; era atacado en las reuniones y no recibió reconocimiento ni premio alguno por sus hallazgos. Y sin embargo, en la Universidad de Nueva York Taub era feliz. «Estaba en la gloria. Podía investigar, que era todo lo que quería».

Taub estaba siendo pionero de una nueva clase de neurociencia que combinaba lo mejor del behaviorismo, despojándolo de sus ideas más doctrinarias, y de la neurociencia. De hecho, ésta era una fusión adelantada por Ivan Pavlov, el fundador del behaviorismo quien —aunque es algo desconocido para muchos— había intentado, en sus últimos años, integrar sus descubrimientos sobre comportamiento con la ciencia del cerebro, llegando incluso a afirmar que éste es plástico. Irónicamente, el behaviorismo había preparado de alguna manera a Taub para hacer importantes hallazgos en el campo de la plasticidad. Puesto que los behavioristas no estaban interesados en absoluto en estudiar la estructura del cerebro no habían llegado a la conclusión, a diferencia de muchos neurocientíficos, de que no era plástico. Muchos estaban convencidos de que podía entrenarse a un a animal para que hiciera prácticamente cualquier cosa y, aunque no hablaban específicamente de «neuroplasticidad», sí creían en la plasticidad de la conducta.

Abierto a esta idea de la plasticidad, Taub siguió adelante con sus experimentos de desdiferenciación. Dedujo que si se desdiferenciaban los dos brazos a un mono, éste pronto sería capaz de mover ambos si quería sobrevivir. Así que lo hizo y, en efecto, los monos terminaron por mover los dos brazos. Este descubrimiento

resultaba paradójico: si se desdiferenciaba un brazo el mono no podía usarlo, pero si se desdiferenciaban los dos ¡el mono los movía!

A continuación Taub desdiferenció toda la médula espinal, de manera que no quedara un solo reflejo espinal en el cuerpo y el mono no pudiera recibir ninguna clase de estímulo sensorial procedente de cualquier miembro. Y sin embargo seguía usando los dos brazos, demostrando así que la teoría de Sherrington era completamente errónea.

Entonces Taub tuvo una nueva revelación que transformaría para siempre el tratamiento de los derrames cerebrales. Propuso que la razón de que un mono no usara su brazo después de que éste hubiera sido desdiferenciado era que había *aprendido* a no usarlo en el periodo inmediatamente siguiente a la operación, cuando la médula espinal todavía estaba en estado de «shock espinal» postquirúrgico.

El shock espinal puede durar de dos a seis meses, periodo durante el cual las neuronas tienen dificultades para emitir. Un animal con shock espinal tratará de mover el brazo afectado sin éxito varias veces durante todo ese tiempo. Sin refuerzo positivo, el animal terminará por desistir y utilizar el brazo bueno para alimentarse, proporcionándole así refuerzo positivo. De ese modo, el mapa motor del brazo desdiferenciado —que incluye programas para los movimientos más comunes del brazo— empieza a debilitarse y atrofiarse de acuerdo al principio plástico de que el uso favorece la eficacia. Taub llamó a este fenómeno «no uso aprendido» y razonó que los monos con dos brazos desdiferenciados podían usarlos porque nunca habían tenido ocasión de aprender que no funcionaban bien; los habían usado para poder sobrevivir.

Pero Taub pensaba que aún tenía sólo pruebas indirectas de su teoría del no uso aprendido, de manera que, a través de una serie de ingeniosos experimentos, trató de impedir que sus monos «aprendieran» este «no uso». En uno de ellos desdiferenció el brazo de un mono y después, en lugar de colocarle un cabestrillo en el otro, lo hizo en el brazo operado. De esa forma el mono no podría «aprender» que no podía usar el brazo durante el periodo de shock espinal. Y de hecho, cuando al cabo de tres meses retiró el cabestrillo al mono, mucho después de superado el shock, el animal pronto fue capaz de usarlo normalmente. A continuación Taub empezó a investigar qué ocurriría si enseñaba a animales a superar el no uso aprendido. Después de ello comprobó si era capaz de corregir el

no uso aprendido de varios años, obligando a un mono a usar el brazo diferenciado. También funcionó y con mejorías que duraron el resto de la vida del mono. Taub tenía ahora un modelo animal que reproducía los efectos de derrames cerebrales cuando se interrumpen las señales nerviosas y no pueden moverse las extremidades, y una posible solución al problema.

Taub estaba convencido de que estos descubrimientos significaban que personas con derrames u otras lesiones cerebrales de hasta años de antigüedad podían estar afectadas por el no uso aprendido. Sabía que el cerebro de algunos pacientes con derrames y daños mínimos había pasado por el equivalente al shock espinal, un «shock cortical» que puede durar varios meses. Durante este periodo cada intento por mover la mano habría resultado en fracaso y, posiblemente, en un no uso aprendido.

Los pacientes con derrame cerebral y daños cerebrales importantes en el área motora no experimentan mejorías en mucho tiempo y, cuando finalmente lo hacen, su recuperación es sólo parcial. Taub llegó a la conclusión de que cualquier tratamiento de pacientes con derrame debía estar centrado en las lesiones y en el no uso aprendido. Puesto que este último puede enmascarar la capacidad de recuperación de un paciente, sólo superándolo es posible mejorar las perspectivas de curación. Taub pensaba que incluso después de sufrir un derrame existen muchas posibilidades de que los programas motores estén presentes en el sistema nervioso, así que la manera de desenmascarar la capacidad motora sería hacer con los seres humanos lo que ya había hecho con monos: restringir el uso del miembro sano y forzar al afectado a empezar a moverse.

En sus primeros trabajos con monos, Taub había aprendido una lección importante. Si se limitaba a ofrecerles *una recompensa* por usar su brazo malo para coger la comida —es decir, si se limitaba a hacer lo que los behavioristas llaman «condicionamiento»— los monos no hacían progreso alguno. Entonces probó otra técnica llamada «modelaje», que consiste en moldear el comportamiento de forma gradual. De esta manera un animal desdiferenciado obtenía su recompensa no sólo cuando conseguía alcanzar la comida, sino cuando daba el primer paso para hacerlo.

En mayo de 1981 Taub tenía 49 años y dirigía su propio laboratorio, el Behavioral Biology Center en Silver Spring, Maryland, y planeaba transformar sus experimentos con monos en un trata-

niento para víctimas de derrame cerebral cuando Alex Pacheco, un estudiante de Ciencias Políticas en la Universidad George Washington de 22 años, se ofreció voluntario para trabajar con él.

Pacheco contó a Taub que estaba considerando la posibilidad de convertirse en investigador médico y éste le encontró agradable y deseoso de ayudar. Lo que Pacheco no le dijo es que era cofundador y presidente del grupo militante defensor de los derechos de los animales Ethical Treatment of Animals o PETA. Su cofundadora era Ingrid Newkirk, de 31 años y en otro tiempo directora de la perrera de Washington. Newkirk y Pacheco mantenían una relación sentimental y dirigían PETA desde el apartamento que compartían en Washington DC.

PETA estaba y está en contra de *cualquier* experimento científico con animales, incluso los destinados a investigar la curación del cáncer, de enfermedades coronarias y del sida (cuando éste se descubrió). Se opone fervientemente a que se coma carne animal, a la producción de leche y miel (que describen como «explotación» de vacas y abejas) y a que se tengan mascotas (algo que para ellos equivale a «esclavitud»). Cuando Pacheco se presentó voluntario para trabajar con Taub, su meta era liberar a los 17 «monos de Silver Spring» y convertirlos en mártires de su campaña pro derechos de los animales.

Aunque la desdiferenciación no es, por lo general, un procedimiento doloroso, tampoco es agradable. Como los monos que habían sido desdiferenciados perdían la sensibilidad en el brazo, cada vez que se golpeaban contra algo podían resultar heridos. Luego, una vez les vendaban el brazo herido éste se convertía en un objeto extraño para los monos, que intentaban mordérselo.

En 1981, cuando Taub se encontraba fuera de vacaciones, Pacheco persuadió a las autoridades de Maryland de que registraran el laboratorio y se llevaran a los monos. Era el 11 de septiembre de 1981. Taub era susceptible de ser acusado por la justicia porque en Maryland, a diferencia de en otros estados, las leyes contra la crueldad con los animales podían aplicarse también a los experimentos de laboratorio.

Cuando Taub regresó quedó atónito ante el revuelo levantado por los medios de comunicación y sus repercusiones. A unos pocos kilómetros de distancia, los administradores del National Institutes of Heath (NIH) la institución de investigación médica más

importante del país, oyeron hablar de la inspección y se asustaron. En sus laboratorios se realizan más experimentos biomédicos con animales que en cualquier otra institución del mundo y por tanto podían muy bien convertirse en el siguiente objetivo de PETA. Por ese motivo tenían que decidirse entre defender a Taub o argumentar que éste no era más que la manzana podrida del cesto y tomar distancia. Eligieron lo segundo.

PETA se presentaba como una organización defensora de la ley, aunque hay quienes afirman que Pacheco ha declarado públicamente que los incendios provocados, la destrucción de la propiedad privada y el robo son procedimientos aceptables «cuando sirven para paliar el dolor y el sufrimiento de un animal». El caso contra Taub se hizo célebre en la sociedad de Washington cuyo principal periódico, el *Washington Post*, se hizo eco de la controversia y sus columnistas se dedicaron a arremeter contra Taub. Se inició una campaña en defensa de los animales y Taub fue acusado de torturador y comparado con el doctor nazi Mengele. La publicidad generada por el caso de los «monos de Silver Spring» fue enorme y convirtió a PETA en la mayor organización pro derechos de los animales de Estados Unidos y a Taub en un personaje públicamente odiado. Fue arrestado y sometido a juicio por crueldad contra animales y se le imputaron 119 cargos. Antes de que se celebrara el juicio, dos tercios del Congreso votaron para que se le retiraran los fondos para investigación. Fue aislado profesionalmente; perdió su sueldo, sus becas y a los animales; se le prohibió continuar con sus experimentos y tuvo que abandonar su casa de Silver Springs. Su mujer era espiada y ambos recibieron amenazas de muerte. En una ocasión alguien siguió a Mildred a Nueva York, telefoneó a Taub y le hizo un relato pormenorizado de todas sus actividades. Poco después Taub recibió otra llamada de un hombre quien afirmaba ser de la policía del condado de Montgomery y que desde Nueva York acababan de informarle de que su mujer había sufrido un «desafortunado accidente». Era mentira, pero Taub no podía saberlo.

Taub pasó los seis siguientes años de su vida trabajando dieciséis horas al día siete horas a la semana en su defensa, actuando en algunos casos como su propio abogado. Antes de que comenzaran los juicios, tenía 100.000 dólares ahorrados. Para cuando terminaron les quedaban 4.000. Puesto que estaba en la lista ne-

gra, no podía conseguir un trabajo en la universidad. Pero poco a poco, un juicio tras otro, logró refutar los cargos de PETA uno por uno.

Afirmó que las fotografías aportadas por la acusación eran dudosas y que había indicios de complicidad entre PETA y las autoridades del condado de Montgomery. Taub siempre ha dicho que las fotos de Pacheco estaban trucadas, los pies de fotos eran falsos y que, por ejemplo, en una de ellas un mono que por lo general estaría tranquilamente sentado en la silla de experimentación aparecía haciendo muecas de dolor y en una postura imposible. Pacheco ha negado estas acusaciones.

Lo que resulta extraño del registro de la policía es que ésta entregó a los monos a Lori Lehner, una mujer miembro de la PETA, para que ésta los guardara en su sótano, deshaciéndose así de pruebas oficiales. Entonces, de la noche a la mañana, todos los monos desaparecieron. Taub y sus defensores están convencidos de que PETA y Pacheco estaban detrás de esta desaparición, pero Pacheco nunca se ha manifestado con claridad respecto a este asunto. En una ocasión, la escritora del *New Yorker* Caroline Fraser le preguntó si se los habían llevado, tal y como se afirmaba, a Gainesville, Florida, y el respondió: «¡Ésa es una buena suposición!».

Cuando se hizo evidente que Taub no podía ser juzgado culpable sin los monos y que el robo de pruebas judiciales constituye delito, los monos regresaron tan misteriosamente como habían desaparecido y fueron devueltos a Taub por un breve periodo de tiempo. Nadie fue acusado de su desaparición y Taub ha mantenido siempre que análisis de sangre realizados a los animales revelaron que éstos estaban extremadamente estresados por el largo viaje, que padecían una patología llamada fiebre del transporte y que, poco tiempo después uno de ellos, Charlie, resultó atacado y mordido por otro mono en estado de gran agitación. Un veterinario nombrado por el juez examinó a Charlie y le recetó una sobredosis de medicación que le causó la muerte.

Para cuando concluyó el primer juicio contra Taub, en noviembre de 1981, 113 de los 119 cargos que se le imputaban habían sido retirados. Hubo un segundo juicio, en el que hizo nuevos progresos, seguido de una apelación en la que el Tribunal de Apelaciones del Estado de Maryland dictaminó que las leyes contra la violencia con los animales no eran aplicables a la investigación científica. Taub fue exonerado por unanimidad.

Parecía que cambiaban las tornas. Sesenta y siete sociedades de profesionales de Estados Unidos apelaron al NIH en nombre de Taub y el instituto retiró su decisión de no apoyarle, argumentando ahora que las pruebas que lo acusaban no eran concluyentes.

Pero Taub seguía sin monos y sin trabajo, y sus amigos insistían en que nadie querría contratarlo. Cuando al final lo hizo la Universidad de Alabama en 1986, hubo manifestaciones en su contra y los manifestantes amenazaron con impedir todos los experimentos con animales que se llevaran a cabo en la Universidad. Pero Carl McFarland, jefe del departamento de Psicología y otros profesores que conocían el trabajo de Taub se mantuvieron a su lado.

Así que por fin, después de varios años, Taub recibió una beca para estudiar los derrames cerebrales y abrió su propia consulta.

Lo primero que se ve al entrar en la consulta de Taub son guantes de beisbol y cabestrillos; son adultos que llevan guantes en su mano buena y cabestrillos en los malos durante el 90 por ciento del tiempo que pasan despiertos.

La consulta dispone de varias salas pequeñas y una grande donde se realizan los ejercicios que Taub desarrolló en colaboración con un psicoterapeuta llamado Jean Crago. Algunos parecen versiones más intensivas de los ejercicios que se hacen en las clínicas de rehabilitación convencionales. La clínica Taub emplea la técnica behaviorista de «modelaje» a todos los ejercicios: los adultos juegan a lo que parecen ser juegos de niños; algunos tratan de meter grandes clavos en un tablero; otros tienen que separar monedas de entre un montón de alubias y meterlas en una hucha. Que los ejercicios tengan un componente lúdico no es accidental; estas personas están reaprendiendo a moverse, pasando por todas las etapas que vivimos de bebés, para así poder recuperar los programas motores que, en opinión de Taub, aún conservan en su sistema nervioso incluso después de sufrir derrames, enfermedades o accidentes.

Las sesiones de rehabilitación convencionales suelen consistir de tres sesiones semanales de una hora de duración, pero los pacientes de Taub trabajan seis horas al día durante 10 o 15 días seguidos. Se agotan y a menudo necesitan echarse una siesta. Realizan entre 10 y 12 ejercicios al día, repitiendo cada uno 10 veces. La mejoría aparece enseguida, después disminuye de forma progresiva. Los primeros estudios de Taub demostraron que el tratamiento fun-

ciona para la práctica totalidad de los supervivientes de un derrame cerebral que conservan alguna capacidad de mover los dedos, es decir, para alrededor de la mitad de los supervivientes de derrame. Desde entonces la clínica ha aprendido cómo enseñar a estos pacientes a usar las manos, que tenían paralizadas por completo. Taub empezó tratando personas que habían sufrido derrames más leves pero ahora ha demostrado, empleando estudios de control, que el 80 por ciento de los pacientes de derrame cerebral que han perdido las funciones de un brazo puede mejorar de forma sustancial. Muchas de estas personas habían sufrido derrames agudos y mostraron una gran mejoría. Incluso pacientes que habían tenido los derrames una media de cuatro años antes mejoraron significativamente con la terapia de Taub. Uno de ellos, Jeremiah Andrews (no es su nombre real), un abogado de 53 años, tuvo su primer derrame casi medio siglo antes de acudir a la clínica Taub, con sólo 7 años mientras jugaba al béisbol, y aún así mejoró. «Estaba allí de pie», me contó, «y de repente me desplomé en el suelo diciendo: "No tengo brazo ni pierna". Mi padre me llevó a casa». Había perdido la sensibilidad en el lado derecho del cuerpo, no podía levantar el pie derecho ni usar el brazo y había desarrollado un temblor. Tuvo que aprender a escribir con la mano izquierda porque con la derecha no era capaz de realizar movimientos que requirieran precisión. Recibió rehabilitación convencional después del derrame, pero siguió fuertemente impedido. Aunque podía caminar ayudado de un bastón, se caía una media de 150 veces al año, causándose diferentes fracturas en la mano y el pie y, a la edad de 49, la cadera. Después de esta fractura la rehabilitación convencional le ayudó a reducir su número de caídas a una media de 36 al año. Después de esto acudió a la clínica de Taub, donde hizo dos semanas de entrenamiento para la mano derecha, tres para la pierna y mejoró su sentido del equilibrio de forma significativa. En este breve periodo la manó le mejoró hasta tal punto que «me hacían escribir mi nombre con la mano derecha para que pudiera ver que era capaz de hacerlo, fue increíble». Continúa haciendo sus ejercicios y sigue mejorando: en los tres años desde que dejó la clínica sólo se ha caído siete veces. «He seguido mejorando durante tres años», me cuenta, «y gracias a los ejercicios estoy muchísimo más en forma que cuando dejé la clínica».

La mejoría de Jeremiah demuestra que debido a la plasticidad y capacidad de reorganización del cerebro es difícil predecir hasta

qué punto un paciente motivado víctima de derrame cerebral puede progresar, independientemente de cuanto tiempo lleve viviendo con esa minusvalía. Puesto que nuestro cerebro se rige por el úsalo o lo perderás, podríamos suponer que las áreas claves del cerebro de Jeremiah necesarias para caminar y mover la mano derecha habrían desaparecido completamente y cualquier tratamiento sería inútil. Pero aunque estas áreas se borraron, con el estímulo apropiado, su cerebro fue capaz de reorganizarse de forma que pudiera realizar la función perdida, como ahora nos confirman los escáneres cerebrales.

Taub, Joachim Liepert y otros colegas de la Universidad de Jena, en Alemania, han demostrado que después de un derrame el mapa cerebral correspondiente a un brazo afectado encoge hasta aproximadamente la mitad de su tamaño, de manera que el paciente sólo conserva la mitad de las neuronas que tenía. Taub cree que ésta es la razón por la que los pacientes de derrame cerebral afirman que usar el brazo afectado les supone mayor esfuerzo. No es sólo la atrofia muscular lo que les dificulta el movimiento, sino también la atrofia cerebral. Cuando la terapia TMIF repara el área motora del cerebro devolviéndola a su tamaño original, usar el brazo les resulta menos trabajoso.

Dos estudios confirman que la terapia TMIF restaura el mapa cerebral. En uno de ellos se midieron los mapas cerebrales de seis pacientes con derrame que llevaban unos seis años con el brazo y la mano paralizados, superando así el plazo en el que la recuperación espontánea es posible. Después de seguir la terapia el mapa cerebral que regía los movimientos de la mano y el brazo había duplicado su tamaño. El segundo estudio demostró que los cambios eran patentes en ambos hemisferios cerebrales, poniendo de manifiesto hasta qué punto son extensos los cambios neuroplásticos después de la terapia. Son los primeros estudios en probar que la estructura cerebral puede modificarse en pacientes con derrame cerebral si siguen la terapia TMIF y nos dan una pista de cómo pudo recuperarse Jeremiah.

En la actualidad Taub está tratando de determinar cuál es la duración ideal del tratamiento. Ha empezado a recibir informes de médicos que indican que tres horas al día de terapia dan buenos resultados y que aumentar la cantidad de movimientos a practicar durante una hora es mejor que seis horas de repetición exhaustiva.

Lo que reeduca el cerebro de los pacientes no son los guantes de beisbol y los cabestrillos, por supuesto, aunque sirven para forzar a los pacientes a usar sus brazos dañados. La esencia de su curación es el entrenamiento o modelaje *gradual*, en el que se va incrementando la dificultad de los ejercicios. La «práctica masiva» —que concentra una gran cantidad de ejercicios en sólo dos semanas— ayuda a reeducar sus cerebros propiciando cambios plásticos. La reeducación no es completa si se han sufrido daños cerebrales extensos, ya que las nuevas neuronas deben asumir las funciones perdidas y pueden no llegar a ser tan efectivas como aquellas a las que han reemplazado. Pero las mejorías pueden ser tan significativas como las apreciadas en el doctor Bernstein o en Nicole von Ruden, una mujer afectada no por un derrame, sino por otra clase de daño cerebral.

Nicole von Ruden, según me contaron, era de esa clase de personas que cuando entran en una habitación ésta parece iluminarse. Nacida en 1967, ha sido maestra de escuela elemental y productora de la CNN y del programa de televisión *Entertainment Tonight*. También trabajó como voluntaria en un centro para invidentes, con niños con cáncer y con niños seropositivos víctimas de violaciones o nacidos con el virus VIH. Era una persona activa y muy deportista, amante del rafting y el ciclismo de montaña, que había corrido un maratón y había hecho el sendero inca en Perú.

Un día, cuando tenía 33 años y estaba comprometida para casarse y viviendo en Shell Beach, California, acudió al oftalmólogo aquejada de doble visión que la afectaba desde hacía varios meses. Alarmado, el médico la envió a hacerse un escáner ese mismo día y, una vez revelados los resultados, Nicole fue ingresada. A la mañana siguiente, el 19 de enero de 2000 la informaron de que tenía un caso raro de tumor cerebral inoperable llamado glioma en el tallo cerebral, el área que controla la respiración, y que le quedaban entre tres y nueve meses de vida.

Los padres de Nicole la llevaron inmediatamente al hospital de la Universidad de California, en San Francisco y esa tarde el jefe de neurocirugía dijo a Nicole que su única esperanza de seguir con vida era someterse a un tratamiento intensivo de radioterapia, ya que una operación la mataría. En la mañana del 21 de enero Nicole recibió su primera sesión de radioterapia y, durante las seis semanas siguientes, la dosis máxima que un ser humano puede to-

lerar, tanto que nunca más podrá ser radiada. También se le administraron dosis elevadas de esteroides para reducir la hinchazón del tallo cerebral, un tratamiento que también puede resultar fatal.

La radioterapia le salvó la vida a Nicole, pero le aguardaban nuevos sufrimientos. «Cuando llevaba unas tres semanas de radioterapia», cuenta Nicole «empecé a notar un hormigueo en el pie derecho, que con el tiempo fue subiendo por el lado derecho del cuerpo hasta la rodilla, las caderas, el torso, los brazos y por último la cara». Pronto tuvo medio cuerpo paralizado y sin sensibilidad. Nicole es diestra, así que la pérdida del uso de la mano derecha le resultó crítica. «Llegó un momento en que ni siquiera podía darme la vuelta en la cama. Era como cuando se te duerme una pierna y no puedes apoyarte en ella, porque te falla». Los médicos dictaminaron que no se trataba de un derrame cerebral, sino de un efecto secundario inusual y grave de la radiación, que había dañado su cerebro. «Ironías de la vida», dice.

Del hospital fue trasladada a la casa de sus padres. «Tenían que empujar mi silla de ruedas, meterme y sacarme de la cama y ayudarme a sentarme o levantarme de la silla», era capaz de comer con la mano izquierda, pero sólo después de que sus padres la hubieran atado a la silla con una sábana, para evitar que se cayera, algo sumamente peligroso puesto que no podía ayudarse de las manos para frenar el golpe. Con la inmovilidad continuada y las dosis de esteroides pasó de 55 a 86 kilos y se le puso lo que ella llama «cara de calabaza». La radiación también hizo que se le cayera el pelo.

Estaba psicológicamente destrozada y sufría por el dolor que estaba causando a los que la rodeaban. Durante seis meses estuvo tan deprimida que dejó de hablar o de sentarse en la cama. «Recuerdo esa etapa, pero no la comprendo. Me recuerdo mirando el reloj, temiendo que llegara la hora de las comidas, porque mis padres insistían en que me levantara tres veces al día para comer».

Sus padres habían sido cooperantes en el extranjero y tenían una actitud positiva ante las adversidades. El padre, médico de familia, dejó su consulta para quedarse en casa cuidando de Nicole a pesar de las protestas de ésta. La llevaban al cine o a ver el mar en su silla de ruedas para mantenerla conectada con la vida. «Me decían que lo superaría», dice Nicole. «Que aguantara, que esto pasaría». Mientras tanto, amigos y familiares se informaban sobre posibles tratamientos y cuando uno de ellos le habló a Nicole de la clínica Taub ésta decidió seguir la terapia TMIF.

Al llegar allí le dieron un guante de beisbol de manera que no pudiera usar la mano izquierda. El personal de la clínica fue estricto en eso. Nicole lo recuerda y se ríe: «La primera noche hicieron algo muy gracioso». Cuando sonó el teléfono en la habitación del hotel donde estaba hospedada con su madre, Nicole se quitó inmediatamente el guante y descolgó el auricular. «Enseguida recibí una reprimenda de mi fisioterapeuta. Sabía que había cogido el teléfono con la mano buena».

No sólo le dieron un guante. «Puesto que hablo con las manos y me encanta contar historias, tuvieron que fijarme la mano enguantada a la pierna con velcro, algo que encontré muy divertido y que te baja los humos instantáneamente». «A cada uno nos asignaban un fisioterapeuta y a mí me tocó Christine, con la que conecté de inmediato». Con el guante en su mano sana, Nicole pronto se encontró intentando escribir en una pizarra o en un teclado con la mano paralizada. Uno de los ejercicios consistía en meter fichas de póquer en una gran lata. Transcurrida una semana ya era capaz de introducirlas por una pequeña ranura en una lata más pequeña. Una y otra vez ensartaba aros de colores en un rodillo, colocaba pinzas de la ropa en una cuerda o trataba de clavar un tenedor en un trozo de plastilina y llevárselo a la boca. Después pasó a repetir los ejercicios mientras Christine la cronometraba. Cada vez que Nicole terminaba una tarea y decía «no he podido hacerlo mejor» Christine le respondía: «De eso nada».

Como cuenta Nicole: «Es realmente increíble, el grado de mejoría que conseguía en sólo cinco minutos. Y durante las dos semanas... bueno, es algo impresionante. Las palabras "no puedo" están prohibidas. Abotonarse me resultaba una tarea especialmente frustrante, abrocharme un solo botón me parecía algo imposible, así que me había resignado al hecho de que era algo que no volvería a hacer nunca. Y pasadas dos semanas, cuando te ves abotonándote una bata de laboratorio con total facilidad, entonces te convences de que no hay nada imposible».

Una noche, en plena terapia de dos semanas, todos los pacientes fueron a cenar fuera a un restaurante. «Dejamos la mesa hecha un verdadero asco. Los camareros ya estaban habituados a ver pacientes de Taub allí, así que sabían lo que podían esperar. La comida volaba por los aires mientras todos intentábamos comer con nuestros brazos malos. Éramos 16 y resultó bastante divertido. Al

cabo de la segunda semana ya era capaz de poner la cafetera con mi brazo dañado. Si me apetecía un café, me decían: "Pues prepáratelo tú". Tenía que poner el café cucharada a cucharada y llenar la cafetera de agua, y todo ello con el brazo afectado. No sé cómo sabría aquel café».

Le pregunté cómo se sentía, ahora que estaba a punto de abandonar la clínica.

«Completamente rejuvenecida, más mental incluso que físicamente. Me ha dado la voluntad de mejorar y ahora mi vida es normal». Durante tres años no había abrazado a nadie con su brazo derecho, pero ahora podía hacerlo. «Doy unos apretones de mano un tanto flojuchos, pero los doy. Y no soy capaz de lanzar la jabalina, pero sí puedo abrir la puerta de la nevera, apagar la luz o lavarme la cabeza». Estas pequeñas mejorías le permiten vivir sola y conducir al trabajo con las dos manos en el volante. Ha empezado a hacer natación y, la semana antes de que habláramos, se había ido a esquiar a Utah.

Sus jefes y colegas en la CNN y de Entertainment Tonight siguieron de cerca los progresos de Nicole y la ayudaron económicamente. Cuando surgió un trabajo *free lance* en la CNN de Nueva York ésta lo aceptó y en septiembre estaba ya trabajando a tiempo completo. El 11 de septiembre de 2001 estaba sentada a su mesa, mirando por la ventana y vio cómo el segundo avión se estrellaba contra las Torres Gemelas. En plena cobertura informativa de la crisis se le asignó cubrir historias que, en otras circunstancias, podían haberse considerado poco apropiadas para ella, dadas sus «necesidades especiales». Pero no fue así. La actitud fue: «Tienes una buena cabeza, úsala». Esto, dice Nicole, «fue probablemente el mejor favor que podían haberme hecho».

Terminado ese trabajo, Nicole regresó a California y volvió a enseñar en la escuela elemental. Los niños la recibieron con entusiasmo. Hasta habían instaurado el «Día de Miss Nicole Ruden», en el que todos iban al colegio con guantes refractarios, similares a los de la clínica Taub. Hacía bromas sobre su caligrafía y su mano derecha, y ella respondía haciéndole escribir con la mano que tuvieran más débil. «Y», afirma Nicole, «no les permitía usar la expresión "no puedo". Así que eduqué a pequeños fisioterapeutas en potencia. Los de primer año me hacían levantar la mano por encima de la cabeza mientras contaban y cada día tenía que sostenerla en alto durante más tiempo... No tenían piedad».

Nicole trabaja en la actualidad como productora a tiempo completo en *Entertainment. Weekly*, donde se ocupa de escribir guiones, comprobar datos y coordinar grabaciones (fue la encargada de cubrir el juicio a Michael Jackson). Aquella mujer que era incapaz de darse la vuelta en la cama ahora se levanta a las cinco de la mañana para ir a trabajar, con una jornada semanal de más de 50 horas. Aún tiene debilidad y hormigueo en el lado derecho del cuerpo, pero es capaz de llevar cosas con la mano derecha, levantarla, vestirse y, en general, ocuparse de sí misma. Y ha vuelto a su labor de ayuda a niños seropositivos.

Los principios de la terapia de movimiento inducido forzado (TMIF) han sido aplicados por un equipo dirigido por el doctor Friedemann Pulvermüller en Alemania, quien trabajó con Taub ayudando a pacientes con daños en el área de Broca y que habían perdido el habla. Alrededor de un 40 por ciento de pacientes con derrame cerebral en el hemisferio izquierdo sufren de afasia. Algunos, como el famoso paciente afásico de Broca «Tan», sólo pueden decir una palabra; otros dicen más pero su habla sigue siendo muy limitada. Algunos mejoran de forma espontánea o recuperan la capacidad de pronunciar algunas palabras, pero en general se ha considerado que aquellos que no mejoraban al cabo de un año eran casos perdidos.

¿Cuál es el equivalente de colocar un guante de beisbol en la boca o un cabestrillo en el habla? Los pacientes con afasia, al igual que los que tienen parálisis en un brazo, tienden a utilizar más su equivalente al brazo «bueno». Emplean gestos o hacen dibujos. Y si son capaces de hablar entonces se limitan a las palabras más sencillas.

El impedimento que se aplica a los afásicos no es físico, pero no por ello menos real, y consiste en una serie de reglas lingüísticas. Puesto que su conducta debe ser modelada, estas reglas se van introduciendo de manera gradual. Los pacientes juegan a un juego de cartas terapéutico. Cuatro personas con 32 cartas que contienen 16 dibujos diferentes, dos de cada uno. Un paciente que tenga una carta de una piedra debe preguntar a los demás jugadores si tienen ese dibujo. Al principio la única regla es que no se puede señalar la carta, de forma que el paciente no refuerce su no uso aprendido. Pueden por tanto recurrir a todo tipo de perífrasis, siempre que sean verbales. Si quieren una carta con el dibujo del sol y son inca-

paces de encontrar la palabra, entonces pueden decir: «Lo que te da calor por el día» y conseguir así la carta. Una vez que tienen la pareja, entonces pueden descartarse. El ganador es el primero en quedarse sin cartas.

El siguiente paso es nombrar el objeto correctamente. Para ello deben hacer la pregunta precisa, como: «¿Puedes darme la carta del perro?». Después deben añadir el nombre de la persona a la que se dirigen y una expresión educada: «Sr Schmidt, por favor, podría darme su carta de perro?». Más adelante se emplean cartas más complejas, una con tres calcetines azules y dos piedras, por ejemplo. Al principio se alaba a los pacientes cada vez que hacen pequeños progresos; después sólo cuando logran avances importantes.

El equipo alemán eligió para su estudio un grupo demográfico complejo: pacientes que habían sufrido derrame cerebral una media de 8,3 años antes y que habían sido dados por perdidos. Estudiaron a 17 pacientes, 7 de ellos en un grupo de control que recibieron tratamiento convencional que consistía simplemente en repetir palabras; los otros 10 recibieron terapia TMIF y tenían que acatar las reglas del juego lingüístico tres horas al día durante 10 días. Ambos grupos trabajaron idéntico número de horas y después hicieron tests lingüísticos estándar. Al cabo de 10 días de tratamiento, con sólo 32 horas, el grupo de TMIF había mejorado su comunicación en un 30 por ciento, mientras que el grupo de tratamiento convencional no había mejorado nada.

A partir de sus trabajos sobre plasticidad, Taub ha descubierto un número de principios: que el tratamiento es más efectivo si la destreza que practica está relacionada directamente con la vida diaria; que el entrenamiento debe realizarse de forma gradual; que debe concentrarse en un corto espacio de tiempo y que existe una técnica que él llama «práctica masiva» que resulta mucho más eficaz que la rehabilitación a largo plazo.

Muchos de estos principios se emplean en cursos de «inmersión» en una lengua extranjera. ¿Cuántos de nosotros hemos dedicado años a asistir a cursos de idiomas sin aprender ni la mitad de lo que hubiéramos hecho de ir al país y «sumergirnos» en la lengua extranjera durante un periodo de tiempo más breve? El tiempo que pasamos con personas que no hablan nuestra lengua materna y en el que estamos forzados a hablar la suya es aquí la «restricción», el equivalente al guante de beisbol. La inmersión diaria nos permite

beneficiarnos de una «práctica masiva». Nuestro acento extranjero indica a los demás que deben usar un lenguaje simplificado, por lo que la dificultad del aprendizaje de la lengua va aumentando de forma gradual. Se elimina así el no uso aprendido, ya que nuestra supervivencia exige que nos comuniquemos.

Taub ha aplicado los principios de la TMIF a otra serie de desórdenes cerebrales. Ha empezado a trabajar con niños con parálisis cerebral, una trágica enfermedad que puede ser causada por un derrame, una infección, falta de oxígeno en el parto y otras circunstancias. Estos niños a menudo son incapaces de caminar y pasan su vida en una silla de ruedas, no pueden hablar con claridad y tienen los brazos paralizados o gravemente impedidos. Antes de la terapia de TMIF el tratamiento de brazos paralizados en estos niños se consideraba inútil, pero Taub realizó un estudio en el que la mitad de los niños recibían rehabilitación convencional para casos de parálisis cerebral y la otra mitad terapia de TMIF, en la que se les colocaba una escayola de fibra de vidrio en el brazo que mejor les funcionaba. Su terapia incluía hacer pompas de jabón con los dedos afectados, meter bolas en un agujero o coger las piezas de un rompecabezas. Cada vez que un niño conseguía realizar una de estas tareas, se le colmaba de elogios y, en el juego siguiente, se le animaba a mejorar su precisión, velocidad y fluidez de movimientos, incluso si estaba cansado. Los niños mostraron excelentes progresos en las tres semanas que duró la rehabilitación. Algunos empezaron a gatear por primera vez en su vida. Un bebé de 18 meses pudo gatear escaleras arriba y usar la mano para llevarse comida a la boca. Otro de cuatro años y medio, que *nunca* había usado la mano o la pierna, empezó a jugar a la pelota. Y después estaba Frederick Lincoln.

Frederick tuvo un derrame cerebral cuando estaba en el útero de su madre. Cuando cumplió 4 meses ésta comprendió que algo iba mal. «No hacía lo que los otros niños de su edad, que podían sentarse y sujetar el biberón, mientras que el mío no. Sabía que algo iba mal pero no sabía qué debía hacer». El lado izquierdo de Frederick estaba completamente paralizado; no le funcionaban bien ni el brazo ni la pierna, el ojo se le cerraba y era incapaz de pronunciar sonidos o palabras porque también tenía la lengua parcialmente paralizada. No consiguió andar hasta los tres años.

Cuando tenía 7 meses tuvo un ataque, tras el cual el brazo izquierdo se le quedó pegado al pecho. Después de aquello le hicieron un escáner cerebral y el médico le dijo a su madre que éste mostraba que «una cuarta parte del cerebro del niño estaba muerta» y que «probablemente nunca llegaría a gatear, caminar o hablar». El médico calculaba que Frederick había sufrido el derrame 12 semanas después de haber sido concebido.

Le diagnosticaron parálisis cerebral con parálisis en el lado izquierdo del cuerpo. La madre, que trabajaba en el tribunal federal del distrito, dejó su empleo para cuidar de Frederick, lo que supuso una sustancial pérdida de ingresos para la familia. La minusvalía de Frederick también afectaba a su hermana de 8 años.

«Tuve que explicarle», me cuenta la madre, «que su hermano no podía cuidar de sí mismo, que mamá tendría que ocuparse y que no sabíamos cuánto duraría aquello. Ni siquiera sabíamos si Frederick sería capaz algún día de valerse por sí solo». Cuando tenía 18 meses su madre oyó hablar de la clínica Taub y preguntó si aceptarían tratar a Frederick, pero aún habrían de pasar algunos años antes de que la clínica desarrollara programas para niños.

Para cuando por fin pudo acudir a terapia, Frederick tenía 4 años y había hecho algunos progresos mediante rehabilitación convencional. Podía caminar ayudado de una muleta y hablar sin dificultad, pero se había estancado. Podía usar el brazo izquierdo pero no la mano y, puesto que no tenía capacidad de garra, no era capaz de coger una pelota ni de sujetarla en la mano. Para ello tenía que recurrir a la palma de la mano derecha y el dorso de la izquierda.

Al principio Frederick no quería participar en la terapia de la clínica y se rebelaba, comiéndose el puré de patatas con la mano escayolada, en lugar de tratar de usar la afectada. Para asegurarse de que recibía 21 días de tratamiento ininterrumpido, la terapia TMIF con Frederick no se hacía en la clínica. «Se hacía donde nos venía mejor según las circunstancias», cuenta su madre. «En la guardería, en casa, en la iglesia, en casa de la abuela, donde fuera que estuviéramos. El terapeuta venía a la iglesia con nosotros y trabajaba con Frederick en el coche. Después iba con él a la escuela dominical. Se ajustaba a nuestros horarios, aunque de lunes a viernes Frederick pasaba la mayor parte del tiempo en la guardería. Él sabía que estábamos intentando mejorar el lado izquierdo de su cuerpo».

Sólo 19 días después de iniciar la terapia Frederick desarrolló capacidad de garra. «Ahora», dice su madre, «puede hacer cualquier cosa con esa mano, aunque sigue teniéndola más débil que la derecha. Puede abrir una bolsa con cremallera y sostener un bate de beisbol. Sigue mejorando cada día. Empezó con el tratamiento de Taub y no ha dejado de mejorar. Yo me limito ya sólo a ayudarle en sus progresos, igual que hacen los padres de cualquier niño normal». Y puesto que Frederick se ha vuelto más independiente, su madre ha podido volver al trabajo.

Frederick tiene ahora 8 años y no se considera un minusválido. Corre y practica varios deportes, incluido vóleibol, aunque su preferido ha sido siempre el beisbol. Para que pueda llevar el guante, su madre le ha cosido un velcro en la parte de dentro que sirve para sujetarlo a un brazalete también de velcro que lleva en la muñeca. Su progreso ha sido espectacular. Se presentó a las pruebas del equipo de beisbol local —para la liga normal, no la de niños con minusvalías— y fue aceptado. «Jugó tan bien», me cuenta su madre, «que fue elegido por los entrenadores para el equipo estrella. Cuando me lo contaron estuve dos horas llorando». Frederick es diestro y sujeta el bate con normalidad. En ocasiones le falla la mano izquierda, pero tiene la derecha tan fortalecida que puede batear con ella sola.

«En 2002», dice su madre, «jugó en la liga de seis años y en cinco de los partidos estrella. Ganaron en tres de los cinco gracias a él. Fue asombroso. Lo tengo grabado en vídeo».

La historia de los monos de Silver Spring y la neuroplasticidad aún no ha terminado. Han transcurrido años desde que se llevaron a los monos del laboratorio de Taub, pero mientras tanto los neurocientíficos empezaron a apreciar lo que éste, adelantándose a su tiempo, había descubierto. Este interés renovado en las investigaciones de Taub y en sus monos condujo a uno de los experimentos sobre plasticidad más importantes que se han hecho.

Merzenich, en sus experimentos, demostró que cuando se cortaba el estímulo sensor procedente de un dedo se producían cambios en los mapas cerebrales situados a una distancia de entre 1 y 2 milímetros del córtex. Pero si éste era el mecanismo por el cual se producía el cambio plástico, entonces el cambio se limitaba a las pocas neuronas cercanas a la zona lesionada. Podía por tanto haber cam-

bios plásticos en sectores del.cerebro cercanos entre sí pero no en los que están alejados.

Un colega de Merzenich en Valdelbirt, Jon Kass, trabajó con un estudiante llamado Tim Pons, a quien le preocupaba este límite de 1-2 milímetros. ¿Era ése en realidad el límite para los cambios plásticos? ¿O había Merzenich observado sólo ese grado de cambio debido a la técnica empleada, que en algunos de los experimentos clave implicaba seccionar un solo nervio?

Pons se preguntaba qué sucedería en el cerebro si se cortaban todos los nervios de la mano. ¿Resultarían afectados más de 2 milímetros? ¿Y habría cambios en diferentes sectores?

Los únicos animales capaces de contestar a estas preguntas eran los monos de Silver Spring, porque sólo ellos habían pasado 12 años sin recibir estímulos sensoriales en sus mapas cerebrales. Irónicamente, la intervención de PETA había vuelto a los monos más valiosos para la comunidad científica. Si podían existir criaturas con reorganización cortical a gran escala, eran ellos.

El problema era que no estaba claro a quién pertenecían, aunque estaban bajo la custodia de la NIH. La agencia insistía por entonces en que no eran de su propiedad —los monos se habían vuelto una patata caliente— y no se atrevía a usarlos en experimentos, porque PETA seguía pidiendo públicamente su liberación. Para entonces, sin embargo, la comunidad científica seria, incluyendo la NIH, empezaba a estar harta de este tipo de presiones. En 1987 PETA presentó una demanda de custodia ante el Tribunal Supremo, que se la denegó.

Conforme los monos envejecían su salud se deterioraba y uno de ellos, Paul, había perdido mucho peso. PETA comenzó a presionar al NIH para que se le practicara la eutanasia y solicitó una orden judicial. En diciembre de 1989 otro de los monos, Billy, también estaba muriéndose.

Mortimer Mishkin, director de la Sociedad de Neurociencia y jefe del Laboratorio de Neurofisiología del NIH había investigado muchos años atrás el primer experimento de desdiferenciación de Taub que desmontaba las teorías de Sherrington, le había defendido durante el asunto de los monos y fue uno de los pocos que se opusieron a que le fuera retirada la beca de Instituto. Mishkin se reunió con Pons y ambos acordaron que, antes de practicar la eutanasia a los monos, podía hacerse con ellos un último experimento. Fue una decisión arriesgada, puesto que el Congre-

so había hasta el momento favorecido a PETA en sus alegaciones. Los científicos eran conscientes de que podrían incurrir en las iras de esta asociación, así que optaron por dejar a las autoridades fuera del asunto y gestionaron la financiación privada necesaria para el experimento. En éste, el mono Bill sería anestesiado y se le haría un análisis con microelectrodos del mapa cerebral correspondiente al brazo; después se le practicaría la eutanasia. Dadas las presiones, científicos y cirujanos hicieron en cuatro horas lo que en circunstancias normales les habría llevado todo el día. Extirparon parte del cerebro del mono, insertaron electrodos en 124 puntos diferentes en el área de la corteza sensora del brazo y tocaron el brazo desdiferenciado. Entonces Pons tocó la cara del mono, sabedor de que el mapa cerebral correspondiente a ésta es adyacente al del brazo.

Para su asombro, cuando tocó la cara del mono las neuronas del mapa del brazo desdiferenciado comenzaron también a emitir, confirmando así que el mapa facial había ocupado el espacio de aquel brazo. Tal y como Merzenich había comprobado en sus experimentos, cuando un mapa cerebral deja de utilizarse, el cerebro puede reorganizarse de manera que otra función pasa a ocupar ese espacio. Pero lo más sorprendente era el grado de reorganización: 14 milímetros del mapa del «brazo» se habían reorganizado para procesar estímulos faciales, un grado de plasticidad jamás observado hasta entonces.

A Billy le fue administrada una inyección letal y, seis meses más tarde, se repitió el experimento con otros tres monos, con idénticos resultados.

El éxito de este experimento fue muy importante para Taub, coautor del artículo que se publicó sobre el tema y para otros expertos en neuroplasticidad que confiaban en poder reeducar el cerebro de pacientes con lesiones de gravedad. No sólo era el cerebro capaz de responder a lesiones en su estructura haciendo que las neuronas desarrollaran nuevas ramificaciones *dentro* de su sector, sino que, tal y como demostraba el experimento, la reorganización podía darse en sectores muy *amplios*.

Como muchos neuroplásticos, Taub participa en numerosos experimentos conjuntos. Ha desarrollado una versión para ordenador de su terapia para las personas que no pueden acudir a su clínica,

llamada AutoCITE (Automated CI Therapy) que está obteniendo resultados prometedores. Esta terapia además está siendo evaluada en varios lugares de Estados Unidos. Taub también trabaja con un equipo para desarrollar una máquina que ayude a personas totalmente paralizadas por esclerosis lateral amiotrófica (la enfermedad del físico Stephen Hawkins). Dicho aparato sería capaz de transmitir sus pensamientos por medio de ondas cerebrales que dirigen al cursor de un ordenador para que forme frases cortas. También participa en el desarrollo de una cura para el tinitus o zumbido constante en los oídos, que puede ser causado por cambios neuroplásticos en la corteza auditiva. Además quiere descubrir si las víctimas de derrame cerebral pueden llegar a moverse con total normalidad después de someterse a su terapia. Los pacientes reciben ahora tratamiento sólo durante dos semanas; quiere saber qué ocurriría si la recibieran durante un año.

Pero quizá su mayor aportación sea el haber demostrado que el daño cerebral y los problemas en el sistema nervioso son centrales en muchas patologías. Incluso una enfermedad no neurológica como la artritis puede conducir a no uso aprendido porque, después de un ataque, los pacientes a menudo dejan de usar ese miembro o articulación. La terapia TMIF puede ayudarles a recuperar la movilidad perdida.

En la medicina pocas enfermedades son tan terribles como el derrame cerebral, en el que muere una parte de nuestro cerebro, pero Taub ha demostrado que incluso en este estado, y siempre que siga habiendo tejido adyacente con vida, existe esperanza de recuperación. Pocos científicos han reunido tanta información práctica a partir de sus experimentos con animales e, irónicamente, el único episodio en que animales fueron maltratados sin un propósito fue cuando los monos de Silver Spring desaparecieron misteriosamente a manos de PETA, pues fue su presunto viaje de ida y vuelta hasta Florida los que les dejó físicamente agotados y alterados.

El trabajo diario de Edward Taub transforma a muchas personas cuyas vidas se han visto truncadas de golpe. Ahora, cada vez que aprenden a mover de nuevo sus cuerpos paralizados o a hablar, están resucitando no sólo a ellos mismos, sino también a la brillante carrera de Edward Taub.

VI

Abrir las puertas del cerebro

Usos de la plasticidad para curar preocupaciones, obsesiones, comportamientos compulsivos y malos hábitos

Todos tenemos preocupaciones, ya que somos seres inteligentes. La inteligencia es capaz de predecir; ésa es su esencia. La misma inteligencia que nos permite hacer planes, confiar, imaginar o formular hipótesis es la que nos hace preocuparnos o esperar cosas malas. Pero hay personas que se preocupan mucho y de una forma especial. Su sufrimiento, aunque está «en su cabeza», va más allá del que experimenta la mayoría de la gente, precisamente *porque* está sólo en su cabeza y por tanto no pueden evitarlo. Estas personas viven siempre torturadas por lo que pasa por su cabeza y a menudo contemplan la posibilidad de suicidarse. Conozco el caso de un estudiante universitario que estaba tan obsesionado con sus preocupaciones y compulsiones que se colocó una pistola en la boca y apretó el gatillo. La bala se alojó en el lóbulo frontal, causándole una lobotomía frontal, que por entonces era el tratamiento empleado para tratar trastornos obsesivos-compulsivos. Le encontraron vivo, se curó de su enfermedad y regresó a la universidad.

Existen muchas clases de preocupaciones y muchas clases de ansiedad: fobias, trastornos de estrés postraumático y ataques de pánico. Pero las personas que sufren más son posiblemente aquellas con trastorno obsesivo compulsivo o TOC, que viven aterradas por los peligros que los acechan a ellos o a sus seres queridos. Aunque pudieron ser niños ansiosos, es en algún momento posterior, ya adultos, cuando sufren un «ataque» que eleva sus preocupaciones

a un nuevo nivel. En otro tiempo adultos seguros de sí mismos, ahora son seres angustiados, niños aterrorizados. Avergonzados porque sienten que han perdido el control, a menudo ocultan sus preocupaciones a los demás, en ocasiones durante años, antes de decidirse a buscar ayuda. En los casos más graves, son incapaces de salir de la pesadilla en la que viven inmersos durante meses e incluso años. La medicación puede paliar su ansiedad, pero rara vez elimina el problema.

El TOC suele empeorar con el tiempo, alterando poco a poco la estructura del cerebro de quien lo padece. Un paciente con TOC puede tratar de aliviar sus problemas centrándose en la causa de sus preocupaciones —asegurándose de que tiene todo controlado, sin dejar nada al azar—, pero cuanto más piensa en sus miedos más le preocupa porque, cuando se sufre de TOC la preocupación causa más preocupación.

A menudo existe un factor desencadenante para la primera gran crisis. Alguien recuerda que es el aniversario de la muerte de su madre, se entera de que un enemigo suyo ha tenido un accidente de coche, se levanta un día y siente un dolor o un bulto en el cuerpo, lee sobre una intoxicación alimentaria o ve unas manos quemadas en una película. Entonces empieza a preocuparle el hecho de que se acerca a la edad a la que murió su madre y, aunque nunca ha sido supersticioso, siente que su final no está lejos; o que la muerte trágica de su enemigo también le espera a él; o que ha descubierto los primeros síntomas de una enfermedad intratable; o que se ha envenenado por no prestar atención a lo que come.

Todos tenemos pensamientos de este tipo alguna vez, pero las personas con TOC se quedan atrapadas en sus preocupaciones y son incapaces de librarse de ellas. Sus cerebros y sus mentes los transportan a varias situaciones de muerte, y aunque tratan de evitar pensar en ellas, no pueden. La amenaza les parece tan real que creen que debe hacerle caso. Las obsesiones más típicas son el miedo a contraer una enfermedad terminal, a ser contaminado por gérmenes, envenenado con productos químicos, contagiado por radiaciones electromagnéticas o incluso traicionados por los propios genes. En ocasiones a estos obsesivos les preocupa la simetría: no soportan ver cuadros torcidos, o no tener los dientes perfectos, o que las cosas estén desordenadas, y pueden pasar horas alineándolas. O bien se vuelven supersticiosos acerca de ciertos números

y sólo pueden poner el despertador en una hora impar, por ejemplo. También pueden tener pensamientos sexuales o agresivos —producto del miedo a hacer daño a sus seres queridos—, de procedencia desconocida. Un pensamiento típico de alguien con TOC podría ser: «Ese golpe sordo que he escuchado mientras conducía puede significar que he atropellado a alguien». Si quien lo padece es religioso, entonces podrá tener pensamientos blasfemos que le causarán preocupación y sentimiento de culpa. Muchas personas con TOC viven torturadas por la duda y se pasan la vida con preocupaciones del tipo: «¿Me habré dejado la estufa encendida? ¿He olvidado cerrar la puerta? o ¿habré herido los sentimientos de alguien sin darme cuenta?

Las preocupaciones pueden ser extrañas y sin sentido incluso para quien las padece, pero eso no las hace menos dolorosas. Una madre y esposa se pregunta: «¿Haré daño a mi hijo? O: «¿Me levantaré por la noche y apuñalaré a mi marido mientras duerme?». Un marido puede vivir atormentado por el pensamiento de que lleva cuchillas pegadas a las uñas de manera que no debe tocar a sus hijos o hacer el amor con su mujer, o acariciar a su perro. Sus ojos no ven las cuchillas, pero su mente insiste en que están ahí y se pasa el día preguntando a su mujer si ha hecho daño a alguien.

Las personas obsesivas a menudo temen al futuro por algún error que han podido cometer en el pasado. Pero no son sólo los errores pasados lo que les atormenta, sino los que *imaginan* que podrían cometer si bajaran la guardia durante un solo instante —y que, puesto que son humanos, algún día cometerán— los que les generan un miedo que no son incapaces de combatir. El sufrimiento de un obsesivo reside en que siempre que exista una posibilidad remota de que algo salga mal, la *siente* como inevitable.

He tenido varios pacientes cuya preocupación por su estado de salud era tan intensa que se sentían en el corredor de la muerte, esperando cada día ser ejecutados. Incluso cuando se les dice que están sanos, experimentarán un breve instante de alivio para acto seguido empezar a pensar que en realidad están «locos» por haber creído que iban a morir, un nuevo síntoma de preocupación obsesiva.

Poco después de que empiecen sus preocupaciones, los pacientes de TOC suelen hacer algo por paliarlas, una acción compulsiva. Si tienen la impresión de haber sido contaminados por gér-

menes lavan toda su ropa, los suelos e incluso las paredes de su casa. Si una mujer teme matar a su bebé envolverá el cuchillo de cocina en un trapo, lo guardará en una caja y lo encerrará en el sótano. El psiquiatra de UCLA Jeffrey M. Schwartz describe un hombre que tenía miedo a contaminarse con el ácido de la batería que se vierte en los accidentes de coche y cada noche yacía en la cama atento a que las sirenas de la policía le indicaran que había ocurrido un accidente cerca de su casa. Cuando por fin las escuchaba se levantaba fuera la hora que fuera, se calzaba unas zapatillas de deporte y conducía hasta el lugar del accidente. Una vez que la policía se había marchado fregaba el asfalto con un cepillo durante horas y después regresaba a la cama, no sin antes haber tirado a la basura las zapatillas que llevaba puestas.

Los que dudan obsesivamente suelen desarrollar la costumbre compulsiva de comprobarlo todo. Si dudan de si han apagado la estufa o cerrado la puerta con llave vuelven a comprobarlo pero, como la duda nunca les abandona, pueden tardar horas en abandonar la casa.

Quienes temen que el ruido sordo que han escuchado mientras conducían significa que han atropellado a alguien a menudo recorrerán la manzana varias veces para asegurarse de que no hay ningún cadáver en la carretera. Si lo que les obsesiona es caer enfermos examinarán su cuerpo una y otra vez en busca de síntomas o irán al médico docenas de veces. Al cabo de un tiempo estos exámenes se ritualizarán y se sentirán constantemente sucios y con la necesidad de lavarse siempre siguiendo un orden preciso, poniéndose guantes cada vez que abren un grifo o frotándose el cuerpo en una secuencia particular; si tienen pensamientos blasfemos o sexuales se inventarán una oración ritual que repetirán un número de veces determinado. Dichos rituales estarán probablemente relacionados con las creencias mágicas o supersticiosas propias de las personas obsesivas. Si han logrado evitar un desastre, ello se debe únicamente a que comprobaron todo de una forma determinada, por lo que deberán hacer lo mismo siempre a partir de ese momento.

A los obsesivo-compulsivos, a menudo atormentados por las dudas, les puede aterrorizar cometer algún error y empezarán a corregirse a sí mismos y a los demás todo el tiempo. A una mujer le llevaba horas escribir cartas breves porque se sentía incapaz de encontrar palabras que no fueran «incorrectas». Muchas tesis doctorales

se atascan, no porque el autor sea perfeccionista, sino porque se siente incapaz de exponer sus ideas con las palabras adecuadas.

Cuando alguien trata de resistirse a las acciones compulsivas su tensión se acumula. Si cede a sus compulsiones obtendrá un alivio pasajero, pero entonces, cuando éstas vuelvan a atormentarle, serán aún peores.

El TOC ha sido siempre difícil de tratar. La medicación y las terapias conductistas resultan sólo útiles en parte para muchos pacientes. Jeffrey M. Schwartz ha desarrollado un eficaz tratamiento basado en la plasticidad que ayuda no sólo a quienes sufren de este desorden sino también a los que tenemos preocupaciones más cotidianas, cuando no podemos dejar de dar vueltas a algo aunque sabemos que no sirve de nada. Este tratamiento nos ayuda cuando nos «atascamos» mentalmente y nos aferramos a preocupaciones, o cuando tenemos hábitos compulsivos tales como mordernos las uñas, tirarnos del pelo, apostar o comer de forma compulsiva. También puede curar algunas clases de celos compulsivos, drogadicción, conductas sexuales compulsivas, excesiva preocupación por lo que los demás piensan de nosotros o por nuestra imagen física, o la baja autoestima. Schwartz profundizó en el TOC comparando escáneres de pacientes con este desorden con otros de personas sanas y desarrolló una nueva terapia en lo que es, hasta donde yo sé, la primera vez en que escáneres tipo TEP (tomografía por emisión de positrones) han ayudado a médicos a entender un desorden y desarrollar la psicoterapia apropiada para el mismo. A continuación probó su nuevo tratamiento realizando escáneres a sus pacientes antes y después de la psicoterapia descubriendo que en la mayoría, después del tratamiento, su cerebro se había normalizado. De nuevo era la primera demostración de que la terapia puede cambiar el cerebro. Por regla general cuando cometemos un error suceden tres cosas. La primera es que tenemos la molesta sensación de habernos equivocado. En segundo lugar nos preocupamos y esta preocupación nos lleva a tratar de enmendar el error. Y en tercer lugar, una vez lo hemos enmendado, un cambio de chip automático en nuestro cerebro nos hace pasar a otra cosa, con lo que la sensación de habernos equivocado y la preocupación que esto nos causaba desaparece.

Pero el cerebro de un obsesivo-compulsivo no funciona así, porque es incapaz de «pasar página». Aunque haya corregido un

error de ortografía, se haya lavado las manos para eliminar los gérmenes o pedido perdón por haber olvidado el cumpleaños de un amigo, continúa obsesionado con el error cometido. Su cambio de chip automático no funciona y la preocupación por lo que ha hecho se vuelve más y más intensa.

Hoy sabemos, gracias a los escáneres cerebrales, que son tres las partes del cerebro que tienen que ver con las obsesiones. Detectamos errores con nuestra *corteza orbitofrontal*, la parte del lóbulo frontal situada justo debajo de los ojos. Los escáneres muestran que cuanto más obsesiva es una persona más activa está su corteza orbital central. Una vez ésta ha emitido la «sensación de estar equivocado» envía una señal al giro cingular, situado en la parte más profunda de la corteza y que es el encargado de desencadenar la terrible sensación de que algo malo está a punto de ocurrir a no ser que enmendemos nuestro error y envía señales al estómago y al corazón, causando los síntomas físicos que asociamos con el miedo.

El «cambio de chip automático», el núcleo caudal, se localiza en el centro del cerebro y permite que nuestros pensamientos fluyan y se sucedan uno a otro, a no ser que, como sucede en las personas con TOC, el caudal se «atasque».

Escáneres cerebrales de pacientes con TOC muestran que estas tres áreas cerebrales están hiperactivas. La corteza orbitofrontal y el giro cingular se activan y permanecen como bloqueadas «en posición», una de las razones por las que Schwartz califica el TOC de «bloqueo cerebral». Debido a que el núcleo caudal es incapaz de «cambiar el chip» de forma automática, la corteza orbitofrontal y el giro cingular siguen emitiendo sus señales, aumentando la sensación de haber cometido un error y la ansiedad asociada a la misma. Pero estas señales son falsas, porque la persona ya ha enmendado el error. Un núcleo caudal que no funciona como es debido es hiperactivo probablemente porque se encuentra bloqueado e inundado de señales procedentes de la corteza orbitofrontal.

Las causas de trastorno obsesivo-compulsivo grave son variadas. En muchos casos se trata de un desorden hereditario e incluso genético, pero también puede ser causado por infecciones que producen inflamación en el núcleo caudal y, como veremos, el aprendizaje también tiene mucho que ver.

Schwartz decidió desarrollar un tratamiento que cambiara el circuito del TOC desbloqueando el vínculo entre la corteza orbitofrontal y el giro cingular y normalizara el funcionamiento del nú-

cleo caudal. Se preguntaba por qué algunos pacientes podían cambiar este último de «forma manual» prestando atención y concentrándose en algo distinto a la preocupación que les atenazaba, tal como una actividad placentera. Este enfoque tiene sentido desde el punto de vista plástico, porque desarrolla un nuevo circuito cerebral que da placer y libera dopamina la cual, como hemos visto, recompensa la nueva actividad y consolida y hace crecer nuevas conexiones neuronales. Este nuevo circuito puede con el tiempo competir con el antiguo y, de acuerdo con la ley de úsalo o lo perderás, las conexiones patológicas terminarán por desaparecer. Este tratamiento por tanto no trata tanto de «romper» malos hábitos» como de sustituir conductas negativas con otras mejores.

Schwartz ha dividido su terapia en una serie de pasos, en los cuales dos son clave: El primero es que una persona que ha sufrido una crisis de TOC debe *rebautizar* lo que le está sucediendo de manera que se dé cuenta de que no está siendo atacado por gérmenes, el virus del sida o ácido de la batería del coche, sino por un episodio de su enfermedad. Deberá ser capaz de recordar que el bloqueo cerebral se da en las tres áreas del cerebro. Como psicoterapeuta, yo siempre animo a mis pacientes con TOC a que hagan el siguiente resumen de sí mismos: «Sí, *tengo* un problema real ahora mismo. Pero no se trata de gérmenes, sino de mi TOC». Este cambio de etiqueta les permite distanciarse en cierta medida del contenido de su obsesión y verla de manera similar a como los budistas ven el sufrimiento en la meditación: *observan* su efecto sobre ellos y de esta manera se distancian del problema.

El paciente de TOC también deberá tener en cuenta que la razón de que la crisis no remita inmediatamente es que sus circuitos cerebrales no funciona como deberían. A algunos pacientes les resulta de ayuda, en pleno ataque, mirar fotografías de escáneres cerebrales anormales de pacientes con TOC en el libro de Schwartz *Brain Lock* [Bloqueo cerebral] y compararlas con las de cerebros normalizados de personas que siguieron su tratamiento. Ello les recuerda que es posible cambiar los circuitos.

Schwartz está enseñando a sus pacientes a distinguir entre la *forma* universal de TOC (pensamientos de preocupación y deseos compulsivos irracionales) y el *contenido* de su obsesión (por ejemplo, los gérmenes nocivos) ya que, cuanto más se concentran en el contenido, más se agudiza su crisis.

Durante mucho tiempo los terapeutas se han centrado también en el contenido de las obsesiones y así, el tratamiento más extendido para el TOC se llama «exposición en vivo y prevención de respuesta», una forma de terapia conductista que resulta de ayuda para el 50 por ciento de los pacientes, aunque casi ninguno se cura por completo. Si una persona teme los gérmenes, se le expone de forma gradual a ellos en un intento por desensibilizarlo. En la práctica, esto puede significar obligar a pacientes a pasar tiempo en cuartos de baño (la primera vez que oí hablar de este tratamiento un psiquiatra le estaba pidiendo a su paciente que se restregara por la cara ropa interior sucia). Como es natural, cerca de un 30 por ciento de los pacientes se niegan a recibir tratamientos de este tipo. La exposición a gérmenes no está encaminada a «cambiar» la marcha y pasar al pensamiento siguiente, sino que conduce al paciente a recrearse más intensamente en su obsesión, al menos durante un tiempo. La segunda fase de tratamiento conductista tradicional es la llamada «prevención de respuesta», en la que se trata de evitar que el paciente actúe de forma compulsiva. Otra modalidad de terapia, la cognitiva, se basa en la suposición de que los estados de ánimo problemáticos y los cuadros de ansiedad están causados por distorsiones cognitivas, es decir, por pensamientos erróneos o exagerados. Los terapeutas cognitivos hacen que sus pacientes con TOC pongan por escrito sus miedos y a continuación expliquen por qué éstos no tienen razón de ser. Pero este procedimiento también sumerge al paciente en el contenido de su obsesión. Tal y como afirma Schwartz, «enseñar a un paciente a decir: "No tengo las manos sucias" no es más que hacerle repetir algo que ya sabe [...] La distorsión cognitiva no es sólo parte intrínseca de la enfermedad; un paciente sabe que ser incapaz de contar las latas que hay en la despensa no causará la muerte a su madre esa misma noche. El problema es que no siente de esa manera». Los psicoanalistas también se han centrado en el contenido de los síntomas, muchos de los cuales tienen que ver con ideas violentas o sexuales, y han descubierto que un pensamiento obsesivo del tipo: «Voy a hacer daño a mi hijo» puede ser la expresión de una ira contenida hacia el niño y que esta revelación podrá, en los casos menos graves, ser suficiente para que la obsesión desaparezca. Pero esto a menudo no funciona con casos más severos de TOC, y mientras que Schwartz está convencido de que el origen de muchas obsesiones tiene que ver con los conflictos relacionados con el sexo, la culpa o la agresi-

vidad de los que hablaba Freud, también opina que sólo explican el contenido y no la forma del trastorno.

Una vez que el paciente ha reconocido que su preocupación es un síntoma de un TOC, el siguiente paso es que se concentre en una actividad distinta y placentera en el mismo momento en que se da cuenta de que está sufriendo una crisis. Esta actividad puede ser jardinería, ayudar a alguien, practicar una afición, tocar un instrumento, escuchar música, hacer ejercicio o jugar al baloncesto. Si requiere de la intervención de otra persona entonces ayudará al paciente a permanecer centrado y, si la crisis de TOC ocurre mientras éste está conduciendo, entonces deberá tener a mano un libro o un CD con los que mantenerse ocupado. Resulta esencial *hacer* algo, cambiar de marcha de forma «manual». Esto puede parecer obvio y un tanto simple, pero no lo es para las personas con TOC. Schwartz asegura a sus pacientes que aunque su transmisión manual esté «anquilosada», con trabajo duro se puede cambiar usando la corteza cerebral, concentrándose en un pensamiento cada vez.

Por supuesto que esto del cambio de marcha manual es una metáfora y que el cerebro no es una máquina, sino un organismo vivo y plástico. Cada vez que los pacientes tratan de cambiar de marcha empiezan a fijar su «transmisión», desarrollando nuevos circuitos y alterando el núcleo caudal. Al concentrarse en algo nuevo, el paciente está aprendiendo no sólo a no quedarse atascado en el contenido de una obsesión, sino a salir de ella. Yo sugiero a mis pacientes que piensen en el principio de úsalo o lo perderás. Cada momento que dedican a pensar en el síntoma —creer que los gérmenes les van a atacar— fortalecen el circuito obsesivo. En cambio, evitándolo, están en camino de perderlo. Con las conductas obsesivas y compulsivas, *cuanto más las practicas más las necesitas; cuanto menos las practicas, menos las necesitas.*

Schwartz ha descubierto que resulta esencial comprender que no se trata de *lo que uno siente mientras pone en práctica la técnica, sino lo que uno hace.* «Lo difícil no es ahuyentar el sentimiento compulsivo sino *no rendirse a él,* actuando de forma compulsiva o pensando en la obsesión». Esta técnica no obtiene resultados inmediatos, porque los cambios plásticos duraderos llevan tiempo, pero sienta las bases para el cambio ejercitando el cerebro de una forma nueva. De manera que al principio seguimos sintiendo la necesidad

de actuar compulsivamente así como la tensión y la ansiedad asociadas a ello. El objetivo es «cambiar el canal» y pasar a otra actividad durante 15 o 20 minutos cada vez que detectamos un síntoma de TOC (si no podemos aguantar tanto tiempo, lo que logremos resistir sigue siendo beneficioso, aunque sea un minuto. Esa resistencia, ese esfuerzo, es lo que, según parece, hace que se generen nuevos circuitos).

Es evidente que la técnica de Schwartz para pacientes con TOC guarda paralelismos con el tratamiento de Taub para los derrames cerebrales. Al conseguir que sus pacientes se concentren en la nueva conducta de forma intensa, en segmentos de 30 minutos, no hace otra cosa que «práctica masiva».

En el capítulo III, titulado Rediseñar el cerebro, aprendimos que existen dos leyes clave de la plasticidad y que también están presentes en este tratamiento. La primera es que *las neuronas que emiten juntas tienden a asociarse.* Al ocuparse en algo placentero en lugar de ceder a su compulsión, los pacientes con TOC forman un nuevo circuito que se refuerza gradualmente y termina por reemplazar al de la obsesión. La segunda ley es que *las neuronas que emiten por separado tienden a disociarse.* Al no ceder a sus compulsiones, los pacientes debilitan el vínculo entre la compulsión y la idea que aliviará su ansiedad, lo que resulta crucial ya que, como hemos visto, al actuar de forma compulsiva alivia la ansiedad a corto plazo, pero agrava el trastorno a largo plazo.

Schwartz ha obtenido buenos resultados en casos graves de TOC. Un 80 por ciento de sus pacientes mejora cuando sigue su método en combinación con medicación, por lo general antidepresivos tipo Prozac. La medicación hace la función de engrasar las ruedas de una bicicleta, aliviando la ansiedad o disminuyendo su intensidad y permitiendo a los pacientes seguir la terapia. Con el tiempo, éstos abandonan la medicación y algunos ni siquiera la necesitan desde el primer momento.

He visto este enfoque funcionar con casos típicos de TOC como miedo a los gérmenes, lavarse las manos de forma compulsiva, obsesión por el control o hipocondria intratable. Cuando los pacientes se esfuerzan, el «cambio de marcha manual» se va haciendo automático y las crisis se vuelven más breves y menos frecuentes y, aunque pueden sufrir recaídas en épocas de estrés, pronto son capaces de recuperar el control recurriendo a esta nueva técnica que han aprendido.

Cuando Schwartz y su equipo realizaron escáneres a los pacientes que habían mejorado con el tratamiento, encontraron que las tres partes de sus cerebros que habían estado bloqueadas e hiperactivas, habían empezado a emitir por separado y con normalidad. El cerebro se había desbloqueado.

Me encontraba cenando en casa de una amiga, a la que llamaré Emma, en compañía de su marido, Theodore, y varios escritores más.

Emma tiene ya más de 40 años. Cuando tenía 23 una mutación genética espontánea le produjo una enfermedad llamada retinitis pigmentosa que provocó que murieran las células de su retina. Hace cinco años se quedó ciega por completo y tuvo que recurrir a un perro lazarillo, un labrador llamado Matty.

La ceguera de Emma había reorganizado su cerebro y su vida. A algunos de los que estábamos cenando aquella noche en su casa nos interesa la literatura, pero desde que perdió la vista, Emma ha leído más que todos nosotros juntos. Un programa informático de Kurzweil Educational Systems le lee libros en un tono de voz monótono y haciendo pausas para las comas, deteniéndose en los puntos y elevando el timbre en las preguntas. La voz es tan rápida que yo soy incapaz de entender una sola palabra, pero Emma ha aprendido poco a poco a escuchar a una velocidad cada vez mayor, de forma que ahora lee aproximadamente 340 palabras por minuto y se ha sumergido por completo en los clásicos. «Cojo un autor y me leo todo lo que ha escrito antes de pasar a otro». Ha leído a Dostoievski (su favorito), a Gogol, a Tolstói, Turgéniev, Proust, Dickens, Stendhal, Chesterton, Balzac, Hugo, Zola, Flaubert y muchos otros. Hace poco se leyó tres novelas de Trollope en un solo día. Me preguntó cómo podía ser que ahora leyera mucho más rápido que antes de quedarse ciega, y le expliqué la teoría de que su corteza visual, al no tener ya que procesar la vista, se había dedicado a procesar el sonido.

Esa noche Emma me preguntó si sabía algo sobre la necesidad compulsiva de comprobar las cosas una y otra vez. Me contó que a menudo le cuesta mucho salir de casa porque siente la necesidad de comprobar una y otra vez las estufas y las cerraduras. Cuando seguía trabajando y salía de casa para ir a la oficina, era frecuente que a mitad de camino tuviera que volver para asegurarse de que había cerrado bien la puerta. Y para cuando llegaba a casa

no podía evitar comprobar de nuevo que el gas, el agua y la elec tricidad estuvieran convenientemente apagados. Me contó que su padre, muy autoritario, le había causado ansiedad siendo adolescente y que cuando se marchó de casa, la ansiedad desapareció pero pareció ser reemplazada por esta obsesión por comprobarlo todo.

Le expliqué la teoría del bloqueo cerebral y le dije que a menudo sentimos la necesidad imperiosa de comprobar las cosas una y otra vez sin estar realmente concentrados. De forma que le sugerí que tratara de comprobar cada cosa una sola vez pero con el máximo cuidado.

La siguiente vez que la vi estaba encantada. «Estoy mejor», me dijo. «Ahora compruebo las cosas una vez y sigo con lo que tengo que hacer. Todavía siento la necesidad de volver a comprobarlas, pero puedo controlarla y, según pasa el tiempo, la sensación dura menos».

Le hizo una mueca jocosa a su marido, quien había bromeado diciendo que no era de buena educación molestar a un psiquiatra con nuestras neurosis personales cuando es nuestro invitado.

—Theodore —le replicó Emma—. No es que esté *loca*, sino que mi cerebro no estaba pasando página.

VII

El dolor

El lado oscuro de la neuroplasticidad

Cuando buscamos perfeccionar nuestros sentidos la neuroplasticidad es una bendición, pero cuando trabaja al servicio del dolor, puede ser un auténtico castigo.

Nuestro guía por el mundo del dolor es uno de los expertos en neuroplasticidad más asombrosos, Vilanayur Subramanian Ramachandran, nacido en Madrás, India. V. S. Ramachandran es un neurólogo de procedencia hindú y un ejemplo extraordinario de científico del siglo XIX que se enfrenta a dilemas del siglo XXI.

Ramachandran es especialista en neurología y tiene un doctorado en Psicología del Trinity College, Cambridge. Me reuní con él en San Diego, donde dirige el Center for Brain and Cognition (Centro para el Cerebro y Cognición) de la Universidad de California. *Rama* tiene pelo negro y ondulado y viste una chaqueta de cuero negra. Su voz es potente y habla con acento británico, aunque cuando se emociona sus erres resuenan como un redoble de tambor.

Mientras que muchos especialistas en neuroplasticidad trabajan para ayudar a las personas a recuperar destrezas —como leer, moverse o aprender— Ramachandran usa la plasticidad para reconfigurar el contenido de nuestras mentes. Nos demuestra que somos capaces de reeducar nuestro cerebro por medio de tratamientos considerablemente breves e indoloros que usan nuestra imaginación y nuestra percepción.

Su despacho está lleno, no de aparatos de última tecnología, sino de sencillas máquinas que parecen salidas del siglo XIX. Hay un estereoscopio, un instrumento óptico que hace que dos foto-

grafias de una misma escena parezcan tridimensionales. Hay un aparato magnético que en otro tiempo se empleó para tratar la histeria, espejos de feria, lupas antiguas, fósiles y un cerebro de adolescente conservado en alcohol. Hay también un busto de Freud, un retrato de Darwin y sugerentes piezas de arte hindú. Éste sólo podría ser el despacho de un hombre, el Sherlock Holmes de la neurología moderna, V. S. Ramachandran. Es verdaderamente astuto resolviendo misterios y, ajeno a que la ciencia moderna está ahora dominada por los estudios estadísticos, está convencido de que los casos individuales tienen algo que contribuir. Tal y como lo explica: «Imaginemos que yo tuviera que presentar un cerdo a un científico escéptico insistiéndole en que sabe hablar; entonces, a una señal mía, el cerdo habla. Tendría sentido que el científico dijera: "Pero es sólo un cerdo, Ramachandran. ¡Muéstreme otro y entonces tal vez le crea!"».

Ha demostrado en repetidas ocasiones que explicando «extrañezas» neurológicas se puede arrojar luz sobre el funcionamiento de los cerebros normales. «Odio las multitudes en la ciencia», me explica. No le gusta asistir a reuniones científicas muy concurridas. «Les digo a mis alumnos que acudir a esas reuniones sólo sirve para ver en qué dirección va todo el mundo, para poder tomar la contraria. ¿De qué sirve hacer todos lo mismo?».

Desde que tenía 8 años huyó de los deportes y se entregó a una pasión detrás de otra: paleontología (solía coleccionar fósiles raros), conquiología (estudio de las conchas), entomología (siente predilección por los escarabajos) y botánica (cultivó orquídeas). Su biografía está presente en los rincones de su despacho en forma de bellos objetos naturales: fósiles, conchas, insectos y flores. De no haber sido neurólogo, me explica, sería un arqueólogo en Sumeria, Mesopotamia, o el valle del Indo.

Estas aficiones tan victorianas ponen de manifiesto su amor por la ciencia de ese periodo, la edad dorada de la taxonomía, cuando los sabios viajaban por el mundo con sus ojos y las enseñanzas de Darwin por todo instrumental, catalogando las variaciones y excentricidades de la naturaleza y elaborando a partir de ellas teorías con las que explicar los grandes temas del mundo de los seres vivos.

El enfoque de Ramachandran a la neurología es idéntico al de aquellos científicos. En sus primeras investigaciones se dedicó a estudiar pacientes que, después de sufrir daños cerebrales, sufrían alu-

cinaciones: unos se creían profetas; otros, aquejados del mal de Capgras, creían que sus padres o esposas eran impostores, réplicas exactas de los verdaderos. Estudió también las ilusiones ópticas y los puntos ciegos del ojo. Conforme deducía lo que explicaba cada una de estas enfermedades —por lo general sin recurrir para ello a la tecnología moderna— iba arrojando nueva luz sobre el funcionamiento del cerebro.

«Soy reacio a los aparatos costosos y complejos, porque cuesta mucho tiempo aprender a usarlos, y cuando la distancia entre los datos iniciales y las conclusiones es demasiado grande desconfío. Hay demasiado margen para moldear esos datos y los seres humanos son especialmente propensos al autoengaño, sean o no científicos».

Entonces saca una caja cuadrada de gran tamaño con un espejo dentro que parece algún tipo de truco infantil de magia. Con esta caja y sus conocimientos de neuroplasticidad, Ramachandran resolvió un misterio de siglos de antigüedad: el de las extremidades fantasma y el dolor crónico que causan.

Existe toda una variedad de dolores físicos que nos atormentan por razones que somos incapaces de comprender y cuya procedencia desconocemos, como si fueran cartas sin remitente. Lord Nelson, famoso almirante inglés, perdió el brazo derecho durante un ataque a Santa Cruz de Tenerife en 1797. Poco después, según me cuenta Ramachandran, empezó a sentir vivamente la presencia del brazo, una extremidad fantasma que podía sentir pero no ver. Nelson llegó a la conclusión de que su presencia era una «prueba directa de la existencia del alma», razonando que si un brazo puede existir después de haber sido amputado, entonces toda la persona podrá seguir viviendo después de muerto su cuerpo.

Las extremidades fantasma son un problema porque dan lugar a un «dolor fantasma» en un 95 por ciento de los amputados que generalmente va ganando intensidad y puede durar toda una vida. Pero ¿cómo se combate un dolor que no está físicamente?

Los dolores fantasmas aquejan a soldados con extremidades amputadas y a personas que las pierden en accidentes, pero también forman parte de una serie de dolores extraños que llevan desconcertando a los médicos desde hace siglos, ya que no tienen un origen localizable en el organismo. Incluso después de someterse a cirugía rutinaria, algunas personas siguen sufriendo dolores po-

soperatorios igualmente misteriosos que en ocasiones les duran toda una vida. La literatura científica sobre el dolor incluye historias de mujeres que continúan sufriendo dolores menstruales y de parto *incluso después* de una histerectomía, de hombres que siguen con dolores de úlcera *después* de que la úlcera y sus nervios hubieran sido extirpados y de personas con dolor hemorroidal que han sido operadas del recto. Hay historias también de pacientes con la vejiga extirpada que continúan sintiendo una necesidad urgente y crónica de orinar. Todos estos episodios resultan comprensibles si recordamos que también son dolores fantasma, el resultado de la «amputación» de órganos internos.

El dolor normal, el «dolor agudo» nos alerta de una posible lesión o enfermedad enviando una señal al cerebro que dice: «Aquí es dónde te duele, presta atención». Pero en ocasiones una lesión puede dañar al mismo tiempo los tejidos corporales *y* los nervios de nuestros sistemas de dolor, resultando en un «dolor neuropático», para el que no existen causas externas. Nuestros mapas para el dolor resultan dañados y emiten de forma incesante alarmas falsas, haciéndonos creer que el problema está en nuestro cuerpo, cuando en realidad está en nuestro cerebro. Mucho después de que el cuerpo ha sido curado, los mecanismos de dolor siguen activos y el dolor agudo que sentimos ha desarrollado vida propia.

El concepto de extremidad fantasma fue propuesto por vez primera por Silas Weir Mitchell, un médico estadounidense que atendió a los heridos de la batalla de Gettysburg y quedó intrigado por lo que parecía ser una epidemia de extremidades fantasma. Los brazos y piernas de los soldados que combatieron en la guerra de Secesión a menudo se gangrenaban y, al no existir antibióticos, la única forma de salvarles la vida era amputar antes de que la infección se extendiera. Pronto los amputados empezaron a quejarse de que las extremidades habían vuelto para atormentarlos. Mitchell calificó estos casos de «fantasmas sensoriales» y después cambió el nombre a «extremidades fantasma».

A menudo parecen entidades con vida propia. Pacientes que han perdido un brazo a menudo lo sienten gesticular cuando hablan, saludar a los amigos o alargarse espontáneamente para descolgar el teléfono cuando éste suena. Hubo algunos médicos que consideraron estos fantasmas un producto de la imaginación, resultado de la negación de la pérdida dolorosa de una extremidad, pero la mayoría asumió que las terminaciones nerviosas del muñón

estaba siendo estimuladas o irritadas por el movimiento. Algunos intentaron tratar el problema con más amputaciones, cortando más las extremidades y sus nervios correspondientes, con la esperanza de que desapareciera la sensación fantasma. Pero no era así.

Ramachandran había sentido curiosidad por las extremidades fantasma desde que estaba en la facultad de Medicina. Entonces, en 1991, leyó el artículo de Tim Pons y Edward Taub sobre las últimas operaciones realizadas a los monos de Silver Springs en las que, como el lector recordará, Pons cartografió los cerebros de monos a los que se había eliminado toda estimulación sensorial del brazo al cerebro mediante la desdiferenciación y descubrió que el mapa del brazo, en lugar de desaparecer, se había activado y ahora procesaba estímulos procedentes de la cara, algo esperable dado que, tal y como Wilder Penfield había demostrado, los mapas de la mano y de la cara son contiguos.

Ramachandran pensó inmediatamente que la plasticidad podría explicar el fenómeno de las extremidades fantasma, ya que los monos de Taub y los pacientes con amputaciones presentan similitudes. Los mapas cerebrales de los monos y de los pacientes habían sido desprovistos de estímulos procedentes de las extremidades. ¿Sería posible que los mapas faciales de amputados hubieran invadido los del brazo perdido de forma que cuando se le tocaba la cara a la persona amputada lo sintiera en el brazo fantasma? ¿Y dónde, se preguntaba Ramachandran, tenían sensibilidad los monos de Taub cuando se les tocaba la cara: en la cara o en el brazo «desdiferenciado»?

Tom Sorenson —un pseudónimo— tenía sólo 17 años cuando perdió un brazo en un accidente automovilístico. Mientras volaba por los aires miró hacia atrás y vio su mano seccionada del cuerpo y todavía sujetando el asiento del coche. Lo que quedó de su brazo tuvo que ser amputado justo por encima del codo.

Alrededor de cuatro semanas después descubrió que tenía un miembro fantasma que hacía muchas de las cosas que solía hacer su mano cuando la tenía. Se extendía de forma espontánea para frenar una caída o acariciar a su hermano pequeño. Tom tenía otros síntomas, incluido uno verdaderamente irritante: el miembro fantasma le picaba y naturalmente, no podía rascárselo.

Ramachandran oyó hablar a sus colegas de la amputación de Tom y solicitó trabajar con él. Con objeto de probar su teoría de que

los fantasmas están causados por la reorganización de mapas cerebrales, vendó los ojos a Tom y a continuación le tocó en varias partes de la mitad superior del cuerpo con un cotonete preguntándole qué sentía. Cuando llegó a la mejilla. Tom le dijo que lo sentía allí pero también en el miembro fantasma. Cuando le estimuló el labio superior, Tom lo sentía en éste pero también en el dedo índice de su brazo amputado. Ramachandran descubrió que cuando tocaba otras partes de la cara de Tom éste lo sentía en distintas partes del miembro fantasma. Cuando Ramachandran dejó caer una gota de agua caliente en su mejilla, Tom lo sintió también en el brazo. Después de un tiempo de experimentación, Tom descubrió que podía aliviar el picor del brazo que le atormentaba desde hacía tantos días rascándose la mejilla.

Tras este éxito inicial, Ramachandran recurrió a un escáner cerebral llamado MEG o magnetoencefalógrafo para cartografiar el brazo y la mano de Tom. El escáner confirmó que el mapa de su brazo estaba ahora procesando estímulos de la cara. Ambos mapas se habían fundido.

Las conclusiones de Ramachandran a partir del caso de Tom Sorenson, en un principio objeto de controversia entre neurólogos clínicos que dudaban de la plasticidad de los mapas cerebrales, son ahora comúnmente aceptadas. Escáneres realizados por el equipo alemán con el que trabaja Taub también han confirmado una correlación entre el grado de cambio plástico y el del dolor que experimentan los pacientes amputados.

Ramachandran sospecha que una de las razones de la invasión entre mapas cerebrales es que en el cerebro «brotan» nuevas conexiones. Cuando se pierde una parte del cuerpo, cree, su mapa cerebral «está ávido» de nuevos estímulos y libera factores de crecimiento nervioso que invitan a las neuronas de mapas contiguos a desarrollar pequeños brotes que penetren en él.

Normalmente estos pequeños brotes se unen a nervios similares; nervios del tacto se unen a otros nervios del tacto. Pero nuestra piel, por supuesto, transmite mucho más que sensaciones táctiles; tiene distintos receptores capaces de detectar temperatura, vibraciones y también dolor, cada uno con sus fibras nerviosas que viajan hasta el cerebro, donde poseen sus propios mapas, algunos de los cuales están cercanos entre sí. En ocasiones después de una lesión, debido a que los nervios del tacto, la temperatura y el dolor están tan próximos, pueden interconectarse. Así pues, Ramachan-

dran se preguntaba, ¿podría ser que cuando se toca a una persona que padece interconexiones nerviosas, ésta sienta dolor o calor? ¿Podría una persona a la que se toca suavemente la cara sentir dolor en su miembro fantasma?

Otra razón por la que las extremidades fantasma son tan impredecibles y causan tantos problemas es que los mapas cerebrales son dinámicos y cambiantes: incluso en circunstancias normales, tal y como Merzenich demostró, los mapas faciales tienden a desplazarse por el cerebro. Los mapas de miembros fantasma se mueven porque su recepción de estímulos ha cambiado de forma radical. Ramachandran y otros —entre ellos Taub y sus colegas— han demostrado con varios escáneres cerebrales que los contornos de las extremidades fantasma y su mapas están en constante cambio y opina que una de las razones por las que los amputados sienten dolor es que el mapa del miembro eliminado no sólo se encoge, sino que se desorganiza y deja de funcionar correctamente.

No todas las extremidades fantasmas son dolorosas. Después de que Ramachandran hiciera públicos sus descubrimientos, personas con amputaciones empezaron a requerir su ayuda. Muchos de ellos confesaron, no sin vergüenza, que cuando mantenían relaciones sexuales a menudo sentían los orgasmos en las extremidades amputadas. Un hombre admitió que, debido a que el brazo y la pierna eran mucho más grandes que los genitales, ahora sus orgasmos eran «mucho más» intensos. Aunque podría argumentarse que muchos de estos pacientes adolecían de una imaginación un tanto desmesurada, Ramachandran afirmó que sus declaraciones tenían sentido desde un punto de vista neurocientífico. En el mapa de Penfield los genitales están junto a los pies, y puesto que éstos ya no reciben estímulos, los mapas genitales tienden a invadir los de los pies, de forma que cuando los genitales experimentan placer también lo hace el pie fantasma. Ramachandran empezó a preguntarse si la obsesión erótica que tienen ciertas personas con los pies, el llamado fetichismo, no podría deberse a la proximidad de los mapas genitales a los de los pies.

A partir de ahí otros enigmas sexuales empezaban a encajar. Un médico italiano llamado Salvatore Aglioti informó que algunas mujeres sometidas a mastectomías experimentan placer sexual cuando se les estimula la oreja, la clavícula o el esternón. Los mapas cerebrales de todos estos órganos están cercanos a los de los pezones.

Algunos hombres con amputación de pene por carcinoma afirman tener no sólo penes fantasma sino erecciones fantasma.

Conforme Ramachandran examinaba a más pacientes con amputaciones, descubrió que aproximadamente la mitad de ellos tenía la desagradable sensación de que sus miembros fantasma estaban paralizados, como congelados en una postura fija o atrapados en una escayola. Otros se sienten como si cargaran con un peso muerto. Y no sólo las imágenes de miembros paralizados quedan congeladas en el tiempo, sino que en algunos casos especialmente terribles, el dolor inicial de cuando el miembro fue seccionado persigue a la persona. Cuando una granada explota en manos de un soldado éste puede desarrollar un dolor fantasma que repite una y otra vez el terrible momento de la explosión. Ramachandran conoció a una mujer cuyo dedo pulgar le fue amputado tras congelársele y que sentía continuamente el dolor de la congelación. Hay personas que viven torturadas por recuerdos «fantasma» de extremidades gangrenadas, uñas encarnadas, ampollas y cortes que sintieron en el miembro antes de que les fuera amputado, especialmente si el dolor estaba presente en el momento de la amputación. Estos pacientes experimentan estos sufrimientos no en forma de «recuerdos» difusos del dolor, sino como si ocurriera en el presente. En ocasiones uno de ellos puede no sentir dolor durante décadas y cualquier episodio sin importancia, como puede ser un pinchazo con una aguja en un punto crítico, puede reactivarlo durante meses.

Cuando Ramachandran revisó los historiales de personas con brazos fantasma congelados y dolorosos descubrió que todos habían llevado el brazo en cabestrillo durante varios meses antes de que les fuera amputado. Sus mapas cerebrales parecían estancados en la posición precisa del brazo previa a la amputación y empezó a sospechar que tal vez era el mismo hecho de que el miembro ya no existiera lo que hacía que persistiera la sensación de parálisis. Por norma, cuando el centro de comandos motores del cerebro envía una orden para mover el brazo, el cerebro recibe retroalimentación procedente de varios sensores, confirmando así que la orden se ha ejecutado. Pero el cerebro de una persona con un miembro amputado nunca recibe esta confirmación, puesto que no hay sensores en el brazo que puedan darle esa información. Así pues el cerebro se queda con la sensación de que el brazo está paraliz-

do. Al estar escayolado o en cabestrillo durante varios meses, el mapa cerebral desarrolló una representación del brazo como algo inmóvil y, una vez éste fue amputado, no había nuevo flujo de información capaz de alterar el mapa cerebral, de forma que la representación del brazo como algo paralizado se congeló en el tiempo, una situación similar a las parálisis aprendida que Taub detectó en pacientes con derrame cerebral.

Ramachandran llegó a la conclusión de que la ausencia de retroalimentación causa no sólo parálisis en las extremidades fantasma, sino también dolor. El centro motor del cerebro puede enviar señales a los músculos de la mano para que se contraigan, pero, al no recibir retroalimentación confirmando que ésta se ha movido, intensifica su orden, como diciendo: «¡Contráete! ¡No te estás contrayendo lo suficiente! ¡Todavía no te has tocado la palma de la mano!». Estos pacientes sienten entonces como si se estuvieran clavando las uñas en la palma de la mano, evocando así el dolor que sentían antes de que les fuera amputado el brazo, porque en su memoria la contracción de la mano y el dolor están asociados.

A continuación Ramachandran se planteó la pregunta más audaz: si es posible «desaprender» la parálisis de miembros fantasma. Ésta era la clase de pregunta que psiquiatras, psicólogos y psicoanalistas podrían formularse: ¿Cómo se cambia una situación que es real sólo en el plano psíquico y no en el material? De esta forma, las teorías de Ramachandran empezaban a borrar los límites entre neurología y psiquiatría, entre realidad e ilusión.

Entonces a Ramachandran se le ocurrió la idea de combatir la ilusión con otra. ¿Qué pasaría si enviaba señales falsas al cerebro que hicieran sentir al paciente que su miembro inexistente se movía? Esta pregunta le llevó a inventar una caja espejo diseñada para engañar al cerebro del paciente, mostrándole la imagen de su mano buena y haciéndole creer que el miembro fantasma había «resucitado».

La caja espejo tiene el tamaño de una de esas cajas de cartón en las que se guardan las tartas, pero no tiene tapa y está dividida en dos compartimentos, izquierdo y derecho. En la parte delantera hay dos orificios. Si el paciente tiene la mano izquierda amputada entonces mete la derecha por el agujero del compartimento derecho y a continuación debe imaginar que está haciendo lo mismo con la mano izquierda fantasma en el compartimento izquierdo.

La separación entre ambos compartimentos es un espejo vertical orientado al miembro bueno. Puesto que la caja no tiene tapa el paciente puede, inclinándose levemente hacia la derecha, ver una *imagen refleja* de su mano buena y le parecerá que se trata de su mano izquierda antes de que le fuera amputada. Cuando se mueve la mano derecha adelante y atrás, su mano izquierda «resucitada» también parecerá moverse en la misma dirección, sobreimpuesta a la mano fantasma. Ramachandran confiaba en que así el cerebro del paciente tendría la impresión de que el brazo fantasma se estaba moviendo.

Con objeto de encontrar pacientes con los que probar su caja espejo, Ramachandran publicó enigmáticos anuncios en los periódicos locales que decían: «Se buscan personas con amputaciones». Philip Martínez respondió a uno de ellos.

Alrededor de una década antes, Philip salió despedido de su motocicleta mientras circulaba a 70 kilómetros por hora. Todos los nervios que iban desde su brazo y la mano derechos hasta la médula espinal resultaron seccionados en el accidente. Seguía teniendo el brazo, pero sus nervios no emitían señal alguna, por lo que se había convertido en un peso muerto que Philip debía llevar en cabestrillo y que, finalmente, decidió le fuera amputado. Pero la intervención le dejó con un dolor fantasma insoportable en el codo. El brazo fantasma también parecía paralizado y tenía la sensación de que, si pudiera moverlo de alguna forma, eso aliviaría su dolor. Este dilema le deprimía hasta tal extremo que llegó a pensar en suicidarse.

Cuando Philip introdujo su brazo bueno en la caja espejo, no sólo comenzó a ver como su «miembro fantasma» se movía, sino que lo sintió moverse por primera vez. Asombrado y abrumado por la alegría, Philip dijo que se sentía como si le hubieran «enchufado» el brazo de nuevo.

Y sin embargo, en el momento en que dejaba de mirar la imagen reflejada en la caja o cerraba los ojos el fantasma se paralizaba. Ramachandran le dio la caja a Philip para que se la llevara a casa y le animó a que practicara con ella, confiando en que pudiera desaprender su parálisis estimulando un cambio plástico que reorganizara sus mapas cerebrales. Philip usó la caja 10 minutos al día, pero sólo parecía funcionar cuando tenía los ojos abiertos y miraba el reflejo de su mano buena en el espejo.

Después, transcurridas cuatro semanas, Ramachandran recibió una llamada suya en la que le contó, emocionado, que no sólo

sentía que el brazo fantasma se había «descongelado» por completo aunque había dejado de usar la caja, también le habían desaparecido el codo fantasma y el dolor que le producía. Ahora sólo le quedaban dedos fantasmas que parecían colgar del hombro.

V. S. Ramachandran, el neurólogo ilusionista, se había convertido en el primer médico que lograba algo aparentemente imposible: amputar con éxito un miembro fantasma.

Ramachandran ha usado su caja con un buen número de pacientes, aproximadamente la mitad de los cuales se ha liberado de su dolor y su parálisis fantasma y empiezan a poder controlarlos. Otros científicos han descubierto que los pacientes que practican con la caja espejo mejoran. Los escáneres realizados muestran que conforme lo hacen, los mapas motores de sus extremidades fantasma crecen, revirtiéndose así el proceso de encogimiento que acompaña la amputación, y que los mapas sensores y motores se normalizan.

La caja espejo parece curar el dolor alterando la percepción que los pacientes tienen de su propio cuerpo. Se trata de un descubrimiento notable, porque arroja luz no sólo sobre el funcionamiento de nuestra mente sino sobre cómo experimentamos el dolor.

El dolor y la imagen corporal están íntimamente relacionados, ya que siempre experimentamos el dolor como una proyección en nuestro cuerpo. Cuando tenemos la espalda contracturada solemos decir: «¡La espalda me está matando!» y no «mi sistema del dolor me está matando». Pero, como demuestran las extremidades fantasma, no necesitamos tener una parte del cuerpo para sentir dolor en ella. Nos basta con una *imagen corporal* generada por nuestros mapas cerebrales. Las personas que conservan todos sus miembros no suelen ser conscientes de este hecho porque sus imágenes corporales están *perfectamente proyectadas* en sus miembros, haciendo imposible que puedan distinguir la imagen de su cuerpo del cuerpo en sí. «Nuestro propio cuerpo es un fantasma», afirma Ramachandran, «construido por nuestro cerebro a su conveniencia».

Las imágenes corporales distorsionadas son algo común y demuestran que hay una diferencia entre la imagen que tenemos de nuestro cuerpo y cómo es éste en realidad. Los anoréxicos se ven gordos incluso cuando están al borde de la inanición: personas con imágenes distorsionadas de su cuerpo, una patología llamada «tras-

torno dismórfico corporal», perciben una parte de su cuerpo que es perfectamente normal como defectuosa. Creen que sus ojos, sus orejas, su nariz, sus pechos, su pene, su vagina o sus muslos son demasiado grandes o demasiado pequeños o simplemente «feos» y se sienten avergonzados de ellos. Marylin Monroe, por ejemplo, estaba convencida de tener numerosos defectos corporales. Este tipo de personas suele recurrir a la cirugía estética pero continúan sintiéndose feos después de las operaciones, pues lo que necesitarían en realidad es «cirugía neuroplástica» para modificar la imagen que tienen de sí mismos.

El éxito de Ramachandran reeducando extremidades fantasma le llevó a pensar que debería ser posible reeducar imágenes corporales distorsionadas. Con objeto de entender mejor a lo se refería al hablar de «imagen corporal», le pedí que me demostrara la diferencia entre ésta y el cuerpo material. Para ello sacó una mano de goma falsa que había comprado en tiendas de artículos de broma, me hizo sentarme a una mesa y colocó sobre ella la mano falsa, a aproximadamente 25 milímetros del borde. De esta forma mi mano y la de goma estaba perfectamente alineadas y ambas apuntaban en la misma dirección. A continuación colocó una cartulina entre las dos manos de forma que yo sólo pudiera ver la falsa.

Entonces tocó la mano falsa con la suya mientras yo le miraba y, con su otra mano estimuló la mía oculta de mi vista por la cartulina. Cuando tocaba el pulgar de la mano falsa tocaba también el de mi mano. Cuando dio tres golpecitos en el falso meñique, hizo exactamente lo mismo con el mío. Cuando tocó el dedo anular de goma, tocó también el mío.

Transcurridos unos momentos empecé a tener la sensación de que mi mano desaparecía y a sentir que la mano de goma como propia. ¡Se había convertido en mi miembro fantasma! Esta ilusión se rige por el mismo principio por el cual tenemos la impresión en presencia de un ventrílocuo de que son sus muñecos los que están hablando, o que los dibujos animados hablan de verdad, porque sus labios se mueven en sintonía con los sonidos que escuchamos.

Entonces Ramachandran hizo un truco aún más sencillo. Me pidió que colocara mi mano derecha debajo de la mesa de manera que estuviera fuera de mi vista y a continuación golpeó encima de la mesa con una mano, mientras que con la otra golpeaba mi mano debajo de la mesa al mismo ritmo. Cada vez que golpeaba un poco más a la derecha o a la izquierda sobre la mesa hacía lo pro-

pio con mi mano. Pasados unos minutos dejé de sentir que estuviera tocando mi mano debajo de la mesa y, en lugar de ello y por increíble que parezca, empecé a tener la sensación de que la imagen de mi mano se había fundido con la superficie de la mesa, de manera que parecía que era ésta la que me estaba golpeando. ¡Había creado una ilusión en la que la imagen sensorial de mi cuerpo se había prolongado hasta incluir un mueble!

Ramachandran también ha conectado a personas a un medidor de respuesta galvánica de la piel que mide el grado de estrés durante el experimento de la mesa. Después de golpear la superficie de ésta y la mano del paciente hasta que su imagen corporal incluía la mesa, sacaba un martillo y aporreaba la mesa. El grado de estrés del paciente subía al máximo, igual que si Ramachandran le hubiera aplastado la mano.

Según Ramachandran el dolor, al igual que la imagen corporal, es creado en el cerebro y desde allí proyectado al cuerpo. Esta afirmación va en contra del sentido común y de la noción neurológica tradicional del dolor, según la cual cuando nos hacemos daño, nuestros receptores de dolor envían una señal *unidireccional* al centro de dolor del cerebro y la intensidad del dolor es proporcional a la seriedad de la lesión. Damos por hecho que el dolor siempre envía un informe preciso de los daños causados. Esta visión tradicional se remonta al filósofo Descartes, quien veía el cerebro como un receptor pasivo del dolor. Pero esa visión se vio desmentida en 1965, cuando los neurocientíficos Ronald Melzack (un canadiense que estudiaba las extremidades fantasmas y el dolor) y Patrick Wall (un inglés que estudiaba la relación entre dolor y plasticidad) publicaron el artículo más importante de la historia del dolor. Su teoría afirmaba que el sistema del dolor se extiende por el cerebro y la médula espinal y, lejos de ser un receptor pasivo, el cerebro siempre controla las señales dolorosas que sentimos.

Esta teoría del «control del umbral del dolor» proponía la existencia de una serie de controles o «umbrales» entre el área lesionada y el cerebro. Cuando se envían mensajes dolorosos desde el tejido dañado a través del sistema nervioso, éstas atraviesan una serie de «umbrales» que empiezan en la médula espinal, hasta llegar al cerebro. Pero estos mensajes viajan sólo si el cerebro les da «permiso» después de determinar si son lo suficientemente im-

portantes como para pasar. Si el permiso es concedido entonces se abrirá un umbral y aumentará la sensación de dolor, al permitir a una serie de neuronas que se activen y transmitan sus señales. El cerebro también puede cerrar el umbral y bloquear la señal dolorosa liberando endorfinas, los narcóticos que nuestro organismo produce para combatir el dolor.

La teoría de los umbrales servía para explicar toda clase de experiencias dolorosas. Por ejemplo, cuando las tropas estadounidenses desembarcaron en Italia durante la Segunda Guerra Mundial, el 70 por ciento de los hombres que resultaron gravemente heridos afirmaron no sentir dolor y no necesitar analgésicos. Los hombres heridos en el campo de batalla a menudo no sienten dolor y continúan luchando; es como si su cerebro cerrara el «umbral» para mantener la atención del soldado en cómo escapar del peligro y, sólo cuando está por fin a salvo permite que pasen las señales dolorosas.

Los médicos saben desde hace tiempo que un paciente que confía en dejar de sentir dolor cuando se le administre una pastilla, a menudo lo consigue, aunque lo que se le haya administrado en realidad sea placebo. Los escáneres cerebrales muestran que durante el efecto placebo el cerebro desactiva las áreas de respuesta al dolor. Cuando una madre trata de calmar a un hijo que sufre hablándole con dulzura está ayudando al niño a bajar el volumen de su dolor. La intensidad del dolor que sentimos está determinada en gran parte por nuestro cerebro y nuestra mente, nuestro estado de ánimo, nuestras experiencias pasadas con el dolor, nuestra psicología y por hasta qué punto pensamos que el dolor se debe a algo grave.

Wall y Melzack demostraron que las neuronas de nuestro sistema del dolor son más plásticas de lo que jamás imaginamos, que mapas importantes de la médula espinal pueden cambiar después de una lesión y que una lesión crónica puede hacer que las células del sistema del dolor emitan con mayor facilidad —una alteración plástica— volviendo a una persona hipersensible al dolor. Una lesión crónica puede hacer que las células del sistema del dolor emitan con mayor facilidad —una alteración plástica— volviendo a una persona hipersensible al dolor. Los mapas también pueden agrandar su campo receptivo pasando a representar una superficie mayor que la corporal y aumentando así la sensibilidad al dolor. Conforme los mapas cambian, las señales procedentes de uno de ellos pueden «invadir» los adyacentes llevándonos a desarrollar un «do-

lor relacionado , es decir, cuando nos hacemos daño en una parte del cuerpo pero nos duele otra distinta. En ocasiones una sola señal dolorosa puede reverberar en el cerebro de modo que el dolor persiste incluso una vez que el estímulo que lo causó ha parado.

La teoría del umbral hizo posibles nuevos tratamientos para bloquear el dolor. Wall fue co-inventor de la «estimulación nerviosa eléctrica transcutánea» o TENS, que utiliza corriente eléctrica para estimular neuronas que inhiben el dolor, ayudando así a cerrar el umbral. La teoría del umbral también volvió a los científicos occidentales menos escépticos frente a la acupuntura, que reduce el dolor estimulando puntos del cuerpo a menudo alejados del área donde se siente el dolor. Ahora parecía plausible que la acupuntura activara neuronas que *inhiben* el dolor, cerrando umbrales y bloqueando nuestra percepción de dolor.

Melzack y Wall hicieron otro descubrimiento revolucionario: que el sistema del dolor incluye componentes motores. Cuando nos cortamos un dedo, nos lo apretamos en un acto reflejo y motor. Si nos lastimamos un tobillo echamos la pierna atrás buscando instintivamente proteger la zona dañada. La orden es: «No muevas el músculo hasta que el tobillo esté mejor».

Extendiendo la teoría del umbral, Ramachandran desarrolló su siguiente idea: que el dolor es un sistema complejo controlado plásticamente por el cerebro. La resumió de la siguiente manera: «El dolor es una opinión sobre el estado de salud del organismo y no un mero acto reflejo resultado de una lesión». El cerebro reúne pruebas a partir de muchas fuentes antes de desencadenar el dolor. También ha dicho que «el dolor es una ilusión» y que «nuestra mente es una máquina de realidad virtual» que experimenta el mundo de forma indirecta y lo procesa, construyendo un modelo del mundo en nuestra cabeza. De manera que el dolor, igual que la imagen corporal, es un constructo de la mente. Y puesto que Ramachandran fue capaz de utilizar su caja espejo para modificar una imagen corporal y eliminar un miembro fantasma y el dolor que éste ocasionaba, ¿podría también usarla para hacer desaparecer el dolor crónico causado por un miembro real?

Ramachandran pensó que tal vez sería capaz de remediar el «dolor crónico de tipo I», producto de un desorden llamado «distrofia refleja simpática» que se da cuando una lesión de pequeña importancia, como un cardenal o una mordedura de insecto en la ye-

ma del dedo vuelve todo el miembro tan sensible al dolor que el paciente evita moverlo obedeciendo a un mecanismo de «defensa». Esta patología puede prolongarse mucho tiempo después de curada la herida original y a menudo se vuelve crónica y se acompaña de escozor y dolor intenso con sólo rozar esa parte de la piel. Ramachandran llegó a la conclusión de que la capacidad plástica del cerebro era la causa de una forma patológica de «defensa». Cuando nos defendemos evitamos mover nuestros músculos para no agravar la lesión. Si tuviéramos que recordarnos a nosotros mismos de forma consciente que no debemos movernos acabaríamos exhaustos y terminaríamos por olvidarlo y hacernos daño. Supongamos entonces, dice Ramachandran, que el cerebro se *adelanta* al movimiento no deseado desencadenando la sensación dolorosa antes que ésta tenga lugar, entre el momento en que el centro motor emite la orden de moverse y el momento en que se produce el movimiento. ¿Qué mejor modo para el cerebro de evitar el movimiento que asegurarse de que la orden motora se encargue de desencadenar el dolor? Ramachandran dedujo que en estos pacientes crónicos la orden motora pasa a integrarse en los mecanismos del dolor, de manera que aunque la extremidad se haya curado, cuando el cerebro manda una orden motora para mover el brazo, hay sensación dolorosa. A esto lo llamó «dolor aprendido» y se preguntó si la caja espejo podría ayudar a aliviarlo. Con estos pacientes se habían probado todos los remedios tradicionales —interrupción de la conexión nerviosa de la zona dolorosa, fisioterapia, analgesia, acupuntura y osteopatía— sin éxito alguno. En un estudio realizado por un equipo que incluía a Patrick Wall, se le pidió al paciente que metiera ambas manos en la caja espejo sentándose de forma que sólo pudiera ver su brazo bueno y el reflejo de éste en el espejo. A continuación el paciente debía mover el brazo bueno libremente (y también el afectado, si podía) dentro de la caja por espacio de varios minutos, varias veces al día y durante varias semanas. Tal vez el reflejo en movimiento, que se producía sin que lo iniciara una orden motora, engañaría al cerebro del paciente haciéndole creer que su brazo malo ahora podía moverse sin dolor, o tal vez el ejercicio permitiría al cerebro aprender que el mecanismo de defensa ya no era necesario, haciéndole desconectar el vínculo neuronal entre la orden motora de mover el brazo y el sistema del dolor.

Pacientes que habían tenido el síndrome doloroso durante sólo dos meses mejoraron. El primer día el dolor disminuyó, inclu-

so después de terminada la sesión con la caja espejo. Pasado un mes el dolor había desparecido por completo. Pacientes que habían tenido el síndrome entre cinco meses y un año no mejoraron tanto, pero perdieron entumecimiento en las extremidades y pudieron regresar al trabajo. Aquellos que habían sufrido el dolor durante más de dos años no mejoraron.

¿Por qué? Cabría pensar que estos pacientes de largo historial doloroso habían estado tanto tiempo sin mover las articulaciones que los mapas motores de la extremidad afectada habían comenzado a borrarse (úsalo o lo perderás) y todo lo que les quedaba eran los pocos vínculos que estaban más activos la última vez que usó la extremidad y, desgraciadamente, se trataba de vínculos al sistema del dolor, al igual que los pacientes que habían llevado escayola antes de serles amputada una extremidad habían desarrollado un dolor fantasma «permanente» en el lugar donde antes tenían el brazo.

Un científico australiano llamado G. L. Moseley pensó que tal vez podría ayudar a los pacientes que no habían mejorado con la caja espejo, a menudo porque el dolor en las extremidades era tan intenso que no podían moverlas durante la terapia. Moseley pensó que reconstruir el mapa motor de la extremidad mediante ejercicios mentales podría propiciar cambios plásticos. Así que pidió a estos pacientes que simplemente se *imaginaran* que movían el brazo, de forma que activaran las redes neuronales motoras. Los pacientes también miraban fotografías de manos y tenían que determinar si eran derechas o izquierdas hasta ser capaces de hacerlo con rapidez y precisión, una tarea que, se sabe, activa la corteza motora. Se les mostraban manos en varias posiciones y se les pedía que las imaginaran durante 15 minutos, 3 veces al día. Después de practicar estos ejercicios de visualización hacían la terapia del espejo y, al cabo de 12 semanas, el dolor había disminuido en algunos de ellos y desparecido en la mitad.

Pensemos en lo que esto significa: un tratamiento completamente nuevo para el dolor crónico que usa la imaginación y la ilusión óptica para reestructurar cerebros sin recurrir a la medicación, las agujas o la electricidad.

El descubrimiento de mapas del dolor también ha hecho posibles nuevos enfoques en la cirugía y el uso de la analgesia. El dolor fantasma posoperatorio puede ser minimizado si se administra a los pacientes operados anestesia local que actúe sobre los ner-

vios periféricos *antes* de la anestesia general. Todo indica que los analgésicos administrados antes de la intervención quirúrgica, y no sólo después, previenen los cambios plásticos en el mapa cerebral del dolor que pueden «bloquear» la aparición de éste.

Ramachandran y Eric Altschuler también han demostrado que la caja espejo es eficaz en otros problemas no relacionados con las extremidades o el dolor fantasma, como es la parálisis en víctimas de derrame cerebral. La terapia de espejo se diferencia de la de Taub en que engaña al cerebro del paciente para que piense que está moviendo la extremidad afectada, de manera que comienza a estimular los programas motores de ésta. Otro estudio ha demostrado que la terapia de espejo ayudó a preparar a un paciente gravemente paralizado, que había perdido el uso de uno de los lados del cuerpo, para que pudiera seguir el programa de Taub. El paciente recuperó cierto grado de movilidad del brazo, la primera ocasión que dos enfoques nuevos ambos basados en la neuroplasticidad eran empleados de forma secuencial.

En India, Ramachandran creció en un mundo en el que muchas cosas que resultan fantásticas a los ojos de un occidental forman parte de la realidad cotidiana. Conoció a yoguis que aliviaban el sufrimiento mediante meditación y que caminaban descalzos sobre brasas encendidas o se tumbaban sobre clavos. Vio a personas en pleno trance religioso atravesándose la barbilla con agujas. La idea de que los organismos vivos pueden cambiar de forma era algo comúnmente aceptado; el poder de la mente para influir en el cuerpo se da por hecho y la ilusión se considera una energía tan fundamental que está representada en una diosa, Maya. Ramachandran ha trasladado esta cultura a la neurología occidental y su trabajo plantea cuestiones en las que ambas se funden, porque ¿qué es estar en trance sino cerrar las puertas al dolor que sentimos? ¿Por qué un dolor fantasma debe ser considerado menos real que el dolor ordinario? Y al hacerlo nos ha recordado que la gran ciencia no está reñida con la sencillez.

VIII

La imaginación

Cuando nuestros pensamientos cambian la estructura de nuestro cerebro

Me encuentro en Boston, en el laboratorio de estimulación magnética cerebral, en el Beth Israel Deaconess Medical Center de la Facultad de Medicina de Harvard. Álvaro Pascual-Leone es el director del centro y sus experimentos han demostrado que podemos cambiar nuestra anatomía cerebral con sólo usar nuestra imaginación. Acaba de colocar una máquina con forma de pala junto a mi oreja izquierda que emite estimulación magnética transcraneal, o TMS, y tiene capacidad para influir en mi comportamiento. Dentro de la cubierta de plástico hay una espiral de cable de cobre por la que pasa una corriente que genera un campo magnético que sube a mi cerebro, a los axones de mis neuronas y de ahí al mapa motor de mi mano situado en la capa exterior de la corteza cerebral. Un campo magnético cambiante genera corriente eléctrica a su alrededor, y Pascual-Leone ha sido el primero en emplear la TMS para hacer emitir a las neuronas. Cada vez que activa el campo magnético, el cuarto dedo de mi mano derecha se mueve, porque está estimulando un área de alrededor de 0,5 centímetros cúbicos dentro de mi cerebro que está formada por millones de células: el mapa cerebral de ese dedo.

La TMS es como un puente a mi cerebro. Su campo magnético pasa de forma indolora a través de mi cuerpo e induce una corriente eléctrica cuando llega a mis neuronas. Wilder Penfield tuvo que abrir el cerebro en una mesa de operaciones e insertar una sonda eléctrica en el cerebro para poder estimular la corteza motora o la sensora. Cuando Pascual-Leone enciende la máquina y me hace mo-

ver el dedo, noto *exactamente* lo que sentían los pacientes de Penfield cuando les abría el cerebro y lo cubría de electrodos de gran tamaño.

Álvaro Pascual-Leone es muy joven, teniendo en cuenta todo lo que ha conseguido. Nació en Valencia en 1961 y ha sido investigador allí y en Estados Unidos. Sus padres, ambos médicos, le enviaron a estudiar a un colegio alemán en España donde, al igual que muchos neuroplásticos, estudió a los clásicos griegos y a los filósofos alemanes antes de centrar su atención en la medicina. Realizó sus estudios de posgrado en Fisiología en Friburgo y a continuación se marchó a Estados Unidos para continuar su formación.

Tiene la piel aceitunada, cabellos oscuros, voz expresiva e irradia un aire a la vez serio y travieso. En su pequeño despacho destaca una pantalla gigante de Mac que emplea para mostrar lo que ve en el cerebro a través de su ventana TMS. Le llegan correos electrónicos de colegas de todas partes del mundo. En las estanterías a su espalda hay libros sobre electromagnetismo y, por todas partes, papeles y más papeles.

Pascual-Leone fue el primero en utilizar la TMS para cartografiar el cerebro, bien fuera para activar un área cerebral o para bloquear su funcionamiento, dependiendo de la intensidad y de la frecuencia utilizadas. Con objeto de determinar la función de un área cerebral específica, emite oleadas de TMS para bloquear temporalmente esa área y a continuación observa cuál de las funciones cerebrales se ha perdido. También es uno de los grandes pioneros en la utilización de TMS de alta frecuencia o rTMS. La TMS repetitiva de alta frecuencia puede activar neuronas hasta tal punto que se estimulan unas a otras y continúan emitiendo incluso después de la primera descarga electromagnética. Esto activa un área cerebral durante un tiempo y tiene aplicaciones terapéuticas. Por ejemplo, en algunos casos de depresión la corteza prefrontal se desactiva parcialmente y funciona por debajo de su capacidad. El equipo de Pascual-Leone fue el primero en demostrar que la rTMS es efectiva en el tratamiento de pacientes con depresión aguda. El 70 por ciento de aquellos en los que no habían funcionado los tratamientos convencionales mejoró con rTMS y tuvo efectos secundarios menores que con medicación.

A principios de la década de 1990, cuando Pascual-Leone era todavía un joven médico en el National Institute of Neurological

Disorder and Stroke (Instituto Nacional de Desórdenes neurológicos y Derrame cerebral), condujo experimentos —muy celebrados entre los neuroplásticos por su elegancia— que allanaron el camino hacia una cartografía del cerebro, hicieron posible sus experimentos con la imaginación y nos enseño cómo aprendemos destrezas.

Pascual-Leone estudió la forma en que adquirimos nuestras destrezas empleando la TMS para cartografiar los mapas de personas invidentes mientras aprendían a leer Braille. Estos sujetos estudiaban Braille durante un año a razón de dos horas al día en el aula más otra hora en casa. Los lectores de Braille son capaces de «escanear» un texto moviendo el dedo índice sobre una serie de puntos en relieve, una actividad puramente sensorial. Estos descubrimientos fueron de los primeros en confirmar que cuando un ser humano adquiere una nueva destreza se producen cambios plásticos en su cerebro.

Cuando Pascual-Leone utilizó la TMS para cartografiar la corteza *motora*, descubrió que los mapas de los «dedos lectores de Braille» eran de mayor tamaño que los de los otros dedos índice y también que los de los dedos índice de personas que no leen Braille. También descubrió que los mapas motores aumentaban su tamaño conforme aumentaba el número de palabras por minuto que los sujetos eran capaces de leer. Pero sin duda su hallazgo más sorprendente y el que tiene mayores implicaciones en el aprendizaje de cualquier destreza, es la manera en que se producía el cambio plástico a lo largo de cada semana.

Se cartografiaba a los sujetos de estudio con TMS los viernes (al término de una semana de trabajo) y los lunes (después de que hubieran descansado durante el fin de semana). Pascual-Leone descubrió que los cambios eran distintos los viernes y los lunes. Desde el principio del estudio, los mapas correspondientes a los viernes enseguida mostraron una expansión rápida y radical, pero los lunes estos mapas habían regresado a su tamaño anterior. Los mapas de los viernes continuaron creciendo durante seis meses, volviendo a su tamaño inicial los lunes. Al cabo de seis meses los mapas de los viernes seguían creciendo, pero no tanto como antes.

Los mapas de los lunes mostraban un patrón opuesto: no comenzaron a cambiar hasta transcurridos seis meses de aprendizaje. La velocidad a la que los sujetos de estudio eran capaces de leer Braille concordaba más con los mapas de los lunes y, aunque los

cambios de los lunes nunca fueron tan drásticos como los de los viernes, sí eran más estables. Al cabo de 10 meses los estudiantes de Braille se tomaron dos meses de vacaciones. Cuando volvieron fueron de nuevo cartografiados con el resultado de que sus mapas habían permanecido inalterables desde el último lunes. Así pues, el entrenamiento diario conducía a cambios plásticos drásticos a corto plazo durante la semana, pero después de un fin de semana y de meses de descanso, los cambios observados eran más permanentes.

Pascual-Leone cree que la diferencia entre los resultados de los lunes y los viernes sugiere mecanismos plásticos distintos. Los cambios rápidos advertidos los viernes fortalecían las conexiones neuronales *existentes* y desenmascaraban caminos neuronales ocultos. Los cambios más lentos y duraderos de los lunes sugieren la formación de estructuras *completamente nuevas* que muy bien pueden ser resultado de nuevas conexiones sinápticas.

Comprender la diferencia entre los «efectos tortuga y liebre» puede ayudarnos a aprender y dominar nuevas destrezas. Después de un breve periodo de práctica, como cuando estudiamos a última hora para un examen, nos resulta relativamente fácil mejorar porque estamos fortaleciendo conexiones sinápticas existentes. Pero tendemos a olvidar enseguida lo que hemos aprendido porque se trata de conexiones neuronales endebles, que revierten con facilidad. Mejorar y mantener una destreza de forma permanente requiere trabajar despacio y con continuidad, favoreciendo que se formen nuevas conexiones. Si el estudiante cree que no está haciendo progresos, o siente que su mente es «como un colador», necesita perseverar hasta experimentar el «efecto del lunes», que a los lectores de Braille les llevó seis meses. La diferencia viernes-lunes es probablemente la razón por la que algunas personas, las «tortugas» que parecen tardar una eternidad en adquirir una destreza, por lo general la aprendan mejor que las «personas liebre». Lo que se aprende rápidamente y a última hora no suele permanecer; sólo la práctica constante transforma el aprendizaje en algo sólido.

Pascual-Leone amplió su estudio para examinar cómo los lectores de Braille obtienen tal cantidad de información usando sólo las yemas de los dedos. Es sabido que los invidentes pueden desarrollar más los otros sentidos y que los lectores de Braille aumentan de forma extraordinaria la sensibilidad de sus dedos. Pascual-Leone quería ver si esa destreza era producto de un aumento del

mapa sensorial del tacto por cambios plásticosen otras áreas del cerebro , tales como la corteza visual, que podría estar siendo infrautilizada, puesto que no recibía estímulo visual procedente de los ojos

Dedujo que si la corteza visual ayudaba a los sujetos de estudio a leer Braille, bloquearla interferiría su capacidad lectora. Y así fue: cuando su equipo bloqueó mediante TMS la corteza *visual* de los lectores de Braille, éstos no fueron capaces de leer o de sentir con el dedo lector. La corteza visual había sido reclutada para que procesara información derivada del tacto. Bloquear la corteza visual de personas no invidentes con TMS *no afectaba* su capacidad del tacto, lo que indicaba que algo único estaba sucediendo a los lectores invidentes de Braille: una parte de su cerebro dedicada a un sentido se estaba dedicando ahora a otro, la clase de reorganización plástica que sugería Bach-y-Rita. Pascual-Leone también demostró que cuanto mejor leyera Braille una persona, más participaba en el proceso la corteza visual. Su siguiente proyecto abriría nuevos caminos en la investigación, demostrando que nuestros pensamientos tienen la capacidad de cambiar la estructura material de nuestro cerebro.

Pascual-Leone decidió que estudiaría la forma en que los pensamientos cambian el cerebro empleando la TMS para detectar alteraciones en los mapas de los dedos de estudiantes de piano. Uno de sus héroes, el gran neuroanatomista y premio Nobel Santiago Ramón y Cajal, que pasó los últimos años de su vida buscando en vano la prueba de plasticidad cerebral, propuso en 1894 que el «órgano del pensamiento es, dentro de ciertos límites, maleable y susceptible de ser perfeccionado mediante ejercicios mentales convenientemente dirigidos». En 1904 argumentó que los pensamientos, repetidos a través de la «práctica mental», deben fortalecer las conexiones neuronales existentes y crear otras nuevas. También intuyó que este proceso sería especialmente pronunciado en las neuronas que controlan los dedos de los pianistas, que hacen tanta práctica mental.

Usando sólo su imaginación, Ramón y Cajal había esbozado el cerebro plástico, pero carecía de las herramientas necesarias para probar su teoría. Pascual-Leone ahora pensaba que la TMS podría servir para comprobar si la práctica mental y la imaginación conducen realmente a cambios físicos.

Los detalles del experimento sobre la imaginación eran sencillos y se basaban en la idea de Cajal sobre los pianistas. Pascual Leone enseñó a dos grupos de personas que nunca habían estudiado piano una secuencia de notas mostrándole qué dedos debían mover y haciéndoles escuchar las notas. A continuación los miembros de uno de los grupos, el de «práctica mental», se sentaban frente al teclado de un piano eléctrico dos horas al día durante cinco días y se *imaginaban* tocando la secuencia musical y escuchando cómo alguien la tocaba. Un segundo grupo de «práctica física» se dedicó a tocar la secuencia musical durante dos horas diarias por espacio de cinco días. Se cartografiaron los cerebros de ambos grupos antes del experimento cada día, mientras éste se llevaba a cabo y después de terminado. A continuación se pidió a los dos grupos que tocaran la secuencia de notas mientras un ordenador medía el grado de precisión de sus interpretaciones.

Pascual-Leone descubrió que ambos grupos habían aprendido a tocar la secuencia y mostraban cambios cerebrales similares. Resultaba notable que la práctica mental por sí sola producía los mismos cambios físicos en el sistema motor que la práctica física. Al cabo del quinto día, los cambios en las señales motoras enviadas a los músculos eran idénticos en ambos grupos, y los pianistas imaginarios tocaban con tanta precisión como los que habían practicado con un teclado al término de su tercer día.

El grado de mejoría al cabo de cinco días en el grupo de práctica mental, aunque significativo, no era tan grande como en aquellos que hicieron práctica física. Pero cuando el primero terminó su entrenamiento mental y empezó a practicar con un teclado de verdad en una única sesión de dos horas de duración, su interpretación mejoró hasta alcanzar el nivel del grupo de práctica física después de cinco días. Resultaba pues evidente que la práctica mental es una forma efectiva de prepararse para aprender una destreza manual con un mínimo de práctica física.

Todos hacemos lo que los científicos llaman práctica mental cada vez que memorizamos las preguntas para un examen, aprendemos un guión para una obra de teatro o ensayamos cualquier tipo de representación o presentación. Pero debido a que pocos de nosotros la hacemos de manera sistemática, tendemos a infravalorar su efectividad. Algunos atletas y músicos usan la práctica mental antes de su actuación pública y hacia el final de su carrera el con-

certista de piano Glenn Gould la empleaba a menudo cuando preparaba la grabación de una pieza musical.

Una de las formas más avanzadas de práctica mental es el llamado «ajedrez mental», que se juega sin piezas y sin tablero. Anatoly Sharansky, el activista de derechos humanos soviético se refugió en él para sobrevivir en prisión. Sharansky, un judío especializado en computadoras, fue falsamente acusado de espiar para Estados Unidos en 1977 y pasó nueve años en prisión, 400 días de confinamiento en una celda de castigo fría y oscura de 1'5 por 1'8 metros. Los prisioneros políticos aislados a menudo se desmoronan mentalmente porque su cerebro no recibe estímulos necesarios para mantener activos sus mapas. Durante el largo periodo que pasó privado de estímulos sensoriales, Sharansky se dedicó a jugar al ajedrez mental, lo que probablemente le ayudó a evitar que su cerebro se degradara. Movía tanto las piezas blancas como las negras, jugando en su cabeza desde dos perspectivas opuestas, un extraordinario reto para el cerebro. En una ocasión me contó, medio en broma, que jugaba al ajedrez en la celda con la esperanza de convertirse en campeón mundial algún día. Después de ser liberado, gracias en parte a las presiones de los países occidentales, se marchó a Israel y se convirtió en ministro. Cuando el campeón mundial de ajedrez Gary Kasparov jugó contra el primer ministro israelí y el resto de los miembros de su gabinete, derrotó a todos menos a Sharansky.

Gracias a escáneres mentales realizados a personas que realizan práctica mental con gran frecuencia, podemos saber lo que probablemente ocurría en el cerebro de Sharansky mientras estaba en prisión. Veamos el caso de Rüdiger Gamm, un joven alemán de inteligencia normal que se convirtió a sí mismo en un fenómeno de las matemáticas, en una calculadora humana. Aunque Gamm no nació con una particular habilidad para las matemáticas, ahora es capaz de calcular la novena potencia o la raíz quíntuple de números y de resolver problemas del tipo ¿Cuánto es 68 por 76? En cinco segundos. Cuando tenía 20 años Gamm, que trabajaba en un banco, empezó a entrenarse cinco horas al día en su ordenador. Para cuando cumplió los 26 se había convertido en un genio del cálculo matemático, capaz de ganarse la vida con sus actuaciones en televisión. Los investigadores que le realizaron una tomografía por emisión de positrones o TEP de su cerebro mientras calculaba des-

cubrieron que era capaz de reclutar cinco áreas cerebrales más que una persona «normal» para hacer sus cálculos. El psicólogo Anders Ericsson, experto en el desarrollo de habilidades, ha demostrado que personas como Gamm recurren a la memoria a largo plazo para resolver problemas matemáticos, mientras que otros usan sólo la de corto plazo. Los expertos en algo no almacenan respuestas sino estrategias que les permiten acceder inmediatamente a ellas, como si estuvieran en la memoria a corto plazo. Este uso de la memoria a largo plazo para resolver problemas matemáticos es típico de los expertos de los principales campos, y Ericsson calculó que convertirse en un experto en cualquier campo suele llevar por lo general una década de esfuerzo concentrado.

Una de las razones por las que podemos cambiar nuestro cerebro sólo con la imaginación es que, desde un punto de vista neurocientífico, imaginar una acción y ponerla en práctica no son cosas tan distintas como parecen. Cuando una persona cierra los ojos y visualiza algo sencillo, como la letra *a*, su corteza visual primaria se activa, del mismo modo que lo haría si esa persona estuviera mirando de hecho una letra *a*. Los escáneres cerebrales demuestran que cuando imaginamos una cosa y la hacemos se activan las mismas partes del cerebro. Por eso visualizar sirve para mejorar nuestras habilidades.

En un experimento que resulta tan sencillo como difícil de creer, los doctores Guang Yue y Kelly Cole demostraron que imaginar que uno está usando sus músculos sirve para fortalecerlos. En el estudio se observó a dos grupos, uno que hacía ejercicio físico y otro que se imaginaba haciéndolo. Ambos grupos ejercitaron un músculo del dedo, de lunes a viernes, durante cuatro semanas. El grupo físico hacía series de 15 contracciones maximales con el dedo con un descanso de 20 segundos entre cada una, mientras que el mental sólo imaginaba hacer las mismas contracciones con el mismo periodo de descanso al tiempo que también imaginaban una voz que les animaba «¡Más fuerte! ¡Más fuerte!»

Terminado el estudio los sujetos que habían hecho ejercicio físico habían aumentando su fuerza muscular en un 30 por ciento, tal y como cabía esperar. Por su parte, los que habían *imaginado* hacer el ejercicio durante el mismo periodo de tiempo habían aumentado su fuerza muscular en un 22 por ciento. La explicación reside en las neuronas motoras del cerebro encargadas de «pro-

gramar los movimientos. Durante estas contracciones imaginarias, las neuronas responsables de realizar juntas secuencias de instrucciones para movimientos se activan y se fortalecen, lo que resulta en un mayor esfuerzo cuando se contraen los músculos.

Esta investigación ha llevado a desarrollar las primeras máquinas capaces de «leer» los pensamientos. Aparatos traductores de pensamientos se conectan a los programas motores de una persona o un animal mientras está imaginando que hace algo, descodifican las firma eléctrica distintiva del pensamiento y emiten una orden eléctrica a una máquina que transforma el pensamiento en una acción. Estas máquinas funcionan porque el cerebro es plástico y cambia su estado y su estructura cuando pensamos de forma que pueden ser detectadas por mediciones electrónicas.

Estos aparatos se están desarrollando en la actualidad para ayudar a personas con parálisis total a mover objetos con la mente. Conforme se vayan perfeccionando, pueden convertirse en lectores del pensamiento que reconocen y traducen el contenido de un pensamiento y tienen el potencial de ser más precisos que los detectores de mentiras, que son sólo capaces de detectar niveles de estrés en una persona que miente.

Estas máquinas se desarrollaron en varios y sencillos pasos. A mediados de la década de 1990, en la Universidad de Duke, Michael Nicolelis y John Chapin iniciaron un experimento conductista con el objetivo de aprender a leer los pensamientos de un animal. Entrenaron a una rata para que pulsara una palanca conectada electrónicamente a un mecanismo liberador de agua. Cada vez que la rata pulsaba la palanca el mecanismo dejaba salir una gota de agua para que el animal bebiera. A la rata se le había extirpado una pequeña porción de cráneo y se le habían insertado microelectrodos en la corteza motora que registraban la actividad de las 46 neuronas que participaban en la planificación y programación de movimientos, neuronas que en circunstancias normales envían señales por la médula espinal hasta los músculos. Puesto que el objetivo del experimento era registrar pensamientos, que son algo complejos, había que medir las 46 neuronas de forma simultánea. Cada vez que la rata movía la palanca Nicolelis y Chapin registraban la emisión de sus 46 neuronas de programación motora y enviaban sus señales a un pequeño ordenador. Pronto éste «reconoció» el patrón de emisión que hacía la rata pulsar la palanca.

Después de que el roedor se hubiera acostumbrado a pulsar la palanca, Nicolelis y Chapin desconectaron ésta del mecanismo de agua. Ahora, cuando la rata la pulsaba no salía agua. La rata, frustrada insistió en pulsar la palanca varias veces sin éxito. A continuación los investigadores conectaron el mecanismo de agua al ordenador que a su vez estaba conectado a las neuronas de la rata. En teoría ahora, cada vez que el animal tuviera el pensamiento «pulsar la palanca» el ordenador reconocería el patrón de emisión de las neuronas y enviaría una señal al mecanismo para que dejara salir una gota de agua.

Pasadas unas pocas horas la rata se dio cuenta de que no necesitaba tocar la palanca para conseguir agua. Todo lo que tenía que hacer era imaginar su pata pulsándola y obtendría agua automáticamente. Nicolelis y Chapin entrenaron a cuatro ratas para que realizaran esta tarea. A continuación empezaron a enseñar a monos a hacer deducciones aún más complejas. Entrenaron a una mona llamada Belle para que moviera una palanca de las que se emplean en los videojuegos mientras seguía una luz en una pantalla de vídeo. Cada vez que movía la palanca, sus neuronas emitían y un ordenador lo analizaba matemáticamente. La emisión neuronal se producía siempre 300 milisegundos antes de que Belle moviera la palanca, pues ése era el tiempo que tardaba su cerebro en enviar la orden por su médula espinal hasta sus músculos. Cuando la movía a la derecha en su cerebro se daba un patrón de «mueve el brazo hacia la derecha» que el ordenador detectaba; cuando movía el brazo hacia la izquierda, el ordenador así lo registraba. A continuación el ordenador convertía estos patrones matemáticos en órdenes que se enviaban a un brazo robótico fuera de la vista de Belle. Los patrones también eran transmitidos desde la Universidad de Duke a un segundo brazo robótico en Cambridge, Massachussetts. De nuevo, como en el experimento con la rata, no había conexión alguna entre la palanca y los brazos robóticos, sino que éstos estaban conectados al ordenador, que leía los patrones en las neuronas de Belle. La esperanza era que los brazos robóticos en Duke y en Cambridge se movieran exactamente igual que el brazo de Belle, 300 milisegundos después de su pensamiento.

Conforme los científicos modificaban al azar los patrones de luz en la pantalla y Belle movía su brazo, los brazos robóticos hicieron lo mismo, a casi 1000 kilómetros de distancia uno de otro, movidos sólo por los pensamientos del animal transmitidos a un

ordenador. Desde entonces el equipo ha enseñado a un número de monos a valerse sólo de sus pensamientos para mover un brazo robótico en cualquier dirección dentro de un espacio tridimensional y realizando movimientos complejos, tales como alargar el brazo y coger objetos. Los monos también juegan a videojuegos (lo que parece divertirles) usando sus pensamientos para mover el cursor en una pantalla de vídeo.

Nicolelis y Chapin confiaban en que sus experimentos ayudaran a pacientes víctimas de distintas clases de parálisis y eso ocurrió en julio de 2006, cuando un equipo dirigido por el neurocientífico John Donoghue de la Universidad de Brown, empleó una técnica similar con un ser humano. Mathew Nagle, un hombre soltero de 25 años, había sido apuñalado en el cuello y la lesión medular le había paralizado las cuatro extremidades. Se le implantó en el cerebro un diminuto chip de silicona que después se conectó a un ordenador. Tras cuatro días de práctica Mathew fue capaz de mover un cursor de ordenador por una pantalla, abrir un correo electrónico, ajustar el volumen del televisor, jugar en el ordenador y controlar un brazo robótico usando el pensamiento. Pacientes con distrofia muscular, derrames cerebrales o enfermedades motoras esperan su turno para probar este aparato. El objetivo último de estas investigaciones es implantar una serie de pequeños electrodos, con baterías y un ordenador del tamaño de la uña de un bebé, en la corteza motora. Este pequeño ordenador se conectaría a su vez, bien a un brazo robótico, bien a una silla de ruedas eléctrica, bien a otros electrodos implantados en músculos para hacer moverse a éstos. Algunos científicos confían en desarrollar una tecnología menos invasiva que los microelectrodos para detectar la emisión neuronal, posiblemente una variante de TMS o del aparato que Taub y sus colegas están diseñando para detectar cambios en las ondas cerebrales.

Lo que demuestran estos experimentos «imaginarios» es hasta qué punto están integradas la imaginación y la acción, a pesar del hecho de que tendemos a pensar en ellas como dos cosas completamente distintas y que se rigen por reglas diferentes. Pero pensemos: en algunos casos, cuanto más rápidamente podemos imaginar algo, más rápidamente lo hacemos. Jean Licety, de Lyón, ha realizado diferentes versiones de un mismo experimento. Si calculamos el tiempo que nos lleva escribir nuestro nombre con «la ma-

no buena» y después el que nos lleva escribirlo, veremos que son similares. En cambio, imaginar que los escribimos con la otra mano y también hacerlo nos llevará más tiempo. La mayoría de las personas diestras encuentra que su «mano izquierda mental» es más lenta que la «mano derecha mental». En estudios con pacientes con derrame cerebral y enfermedad de Parkinson (que hace que las personas se muevan con mayor lentitud), Decety observó que les llevaba más tiempo imaginar que movían la extremidad afectada que la sana. La imaginación y la acción son más lentas porque ambas son producto del *mismo* programa motor del cerebro. La velocidad con la imaginamos está seguramente determinada por el ritmo de emisión de nuestros programas motores.

Pascual-Leone tiene teorías sobre cómo la neuroplasticidad, que por lo general promueve cambios, puede conducir también a la rigidez y repetición en el cerebro, y estas teorías pueden ayudar a explicar la paradoja siguiente: si nuestro cerebro es tan plástico y cambiante ¿por qué a menudo nos quedamos estancados en rígida repetición? La clave de la respuesta está en comprender primero hasta qué punto es la neuroplasticidad algo extraordinario.

Plastilina, me dice, es la palabra española para «plasticidad» y capta un matiz que el término en inglés no tiene. Plastilina es también el equivalente a nuestro *play-doh* y describe una sustancia que es, básicamente, maleable. Para Pascual-Leone, nuestro cerebro es tan plástico que incluso cuando repetimos el mismo comportamiento un día tras otro las conexiones neuronales responsables del mismo varían ligeramente cada vez, debido a lo que hemos hecho en el intervalo.

«Yo imagino», dice Pascual-Leone, «que la actividad cerebral es como una plastilina con la que jugamos todo el tiempo». Pero, añade, «si empezamos a jugar a partir de un trozo cuadrado y lo convertimos en una pelota, es posible devolverle la forma cuadrada, pero no será nunca la *misma* que teníamos al principio». Resultados que parecen similares no son idénticos. Las moléculas del nuevo cuadrado están dispuestas de manera diferente. En otras palabras, conductas similares ejecutadas en momentos diferentes usan circuitos diferentes. Para él, incluso cuando un paciente con problemas neurológicos o psicológicos se «cura», su cerebro nunca vuelve a ser el mismo que antes de la enfermedad.

"El sistema es plástico, no elástico", dice Pascual-Leone con vehemencia. Podemos alargar una banda elástica cuanto queramos, siempre volverá a su forma original y sus moléculas no se reorganizan en el proceso. El cerebro plástico se altera con cada encuentro, con cada interacción. De modo que la pregunta es: si el cerebro se altera con tanta facilidad ¿cómo podemos protegernos de continuos cambios? Y lo que es más: si el cerebro es como plastilina ¿cómo es que seguimos siendo los mismos? Nuestros genes nos dan consistencia hasta cierto punto, y también lo hace la repetición.

Pascual-Leone lo explica con una metáfora. El cerebro plástico es como una colina nevada en invierno. Hay aspectos de esa colina —la pendiente, las rocas, la consistencia de la nieve— que vienen dados, como nuestros genes. Cuando nos deslizamos por ella en un trineo seguimos un itinerario que está en función de la manera en que conducimos y de las características de la colina. Dónde terminaremos exactamente es difícil de predecir, porque hay muchos factores que intervienen.

«Pero», afirma Pascual-Leone, «lo que sin duda ocurrirá la *segunda vez* que descendamos es que será probable que terminemos en algún lugar cercano al camino que recorrimos la primera vez. No será el mismo, pero estará cerca. Y si pasamos la tarde entera bajando en trineo por la colina al final habremos creado varios senderos, algunos de los cuales habremos usado muchas veces y otros muy pocas... pero serán caminos que hemos creado y por tanto nos resultará difícil salir de ellos. Y no han sido determinados genéticamente».

Los «caminos» mentales que creamos pueden conducir a hábitos, buenos y malos. Si desarrollamos una postura corporal nos será difícil corregirla. Si desarrollamos buenos hábitos éstos también se asientan en nuestro comportamiento. ¿Es posible, una vez que hemos creado «caminos» neuronales, salir de ellos y usar otros distintos? Sí, según Pascual-Leone, pero no es sencillo, porque una vez los hemos creado se vuelven «realmente veloces» y muy eficaces a la hora de guiar el trineo colina abajo y tomar uno distinto cada vez se vuelve más difícil; hace falta bloquearlos de alguna manera.

En su siguiente experimento Pascual-Leone descubrió la manera de bloquear caminos y demostró que las alteraciones de senderos establecidos y la reorganización plástica de magnitud pueden producirse a una velocidad inesperada. Empezó a trabajar en esto

cuando oyó hablar de un poco usual internado en España en el cual los profesores que daban clase a invidentes estudiaban la oscuridad. Se les tapaba los ojos durante una semana para que experimentaran lo que es ser ciego. Una venda en los ojos es un bloqueante para el sentido de la vista, y transcurrida una semana los profesores descubrieron que sus sentidos táctiles y su capacidad para calcular el espacio se habían vuelto extremadamente sensibles. Ahora eran capaces de distinguir marcas de motocicleta diferentes sólo por el sonido del motor y de distinguir objetos en su camino sólo por el eco. Cuando se quitaron la venda de los ojos se encontraron profundamente desorientados e incapaces de manejarse espacialmente o de ver.

Cuando Pascual-Leone supo de esta escuela de la oscuridad pensó: «Tomemos a personas que ven y volvámoslas *completamente* ciegas». Así pues vendó los ojos a varios individuos durante cinco días y a continuación cartografió sus cerebros con TMS y descubrió que, cuando bloqueaba toda la luz —el bloqueo tenía que ser completo— las cortezas visuales de los sujetos empezaban a procesar el sentido del tacto procedente de las manos, como pacientes invidentes aprendiendo Braille. Lo que resultaba más asombroso, sin embargo, era que el cerebro se reorganizaba a sí mismo en sólo unos pocos días. Tas realizar escáneres Pascual-Leone demostró que en sólo dos días la corteza «visual» podía empezar a procesar señales táctiles y auditivas (además, muchos de los sujetos vendados afirmaron que cuando se movían o les tocaban o escuchaban sonidos, empezaban a tener *alucinaciones* visuales hermosas y complejas de ciudades, cielos, puestas de sol, figuras diminutas o dibujos animados). La oscuridad absoluta era esencial para que se produjeran estos cambios, porque la vista es un sentido tan poderoso que si entraba aunque fuera un mínimo de luz, la corteza visual elegía procesarlo en lugar del sonido o el tacto. Pascual-Leone descubrió, como había hecho Taub, que para desarrollar un nuevo camino hay que bloquear o constreñir a su competidor, que por lo general es el camino más usado. Después de que se retirara la venda de los ojos a los sujetos del estudio sus cortezas visuales dejaron de responder a estímulos táctiles o auditivos al cabo de 12 o 24 horas.

La *velocidad* a la que la corteza visual pasa a procesar sonido y tacto planteaba a Pascual-Leone una pregunta fundamental. Estaba convencido de que dos días no era tiempo suficiente para que el cerebro se reorganizara de forma tan radical. Cuando los nervios

inmersos en una dinámica de crecimiento crecen casi un milímetro al día. La corteza «visual» podía haber empezado a procesar otros sentidos tan rápidamente sólo si las conexiones a esas fuentes ya existían. Pascual-Leone, en colaboración con Roy Hamilton, tomó la idea de que los caminos mentales ya existentes eran desenmascarados y fue un paso más allá al proponer que la clase de reorganización cerebral radical observada en la escuela de la oscuridad no es la excepción, sino la regla. El cerebro humano es capaz de reorganizarse a tanta velocidad porque sus partes individuales no están dedicadas particularmente a tareas específicas. Podemos, y de hecho lo hacemos de forma rutinaria, emplear partes de nuestro cerebro para muchas tareas distintas.

Como hemos visto, casi todas las teorías actuales sobre el cerebro son localizacionistas y asumen que la corteza sensora procesa cada sentido —vista, sonido, tacto— en un único y preciso lugar. La expresión «corteza visual» da por hecho que la única *función* de esa área del cerebro es procesar la vista, al igual que la «corteza auditiva» o «corteza somatosensora» hacen lo propio con sus funciones correspondientes. Pero, según afirma Pascual-Leone «nuestro cerebro no está realmente organizado en términos de sistemas que procesen una modalidad sensorial determinada sino, más bien, en una serie de operadores específicos».

Un operador es un procesador del cerebro que, en lugar de procesar información procedente de un solo sentido, como la vista o el tacto, procesa información más abstracta. Así, un operador procesa información sobre *relaciones espaciales*, otro sobre *movimiento* y otro sobre *formas*. Las relaciones espaciales, el movimiento y las formas son todos ellos información que procesan varios de nuestros sentidos. Podemos ver pero también sentir las diferencias espaciales —cómo de ancha es la mano de una persona— de igual modo que podemos sentir y ver movimientos y formas. Algunos operadores (como el del color) pueden servir sólo para un solo sentido, pero los espaciales del movimiento y de las formas procesan señales procedentes de más de uno.

Un operador se selecciona por competición. La teoría de los operadores parece salida de la de la selección de grupos neuronales desarrollada en 1987 por el premio Nobel Gerald Edelman, quien propuso que en toda actividad cerebral, el grupo de neuronas más capaces es el seleccionado para realizar la tarea. Se trata de una lucha casi darwiniana —un darwinismo neural, por emplear la fra-

se de Edelman— siempre activo en los operadores para ver cuál de ellos puede procesar con mayor eficacia las señales procedentes de un sentido particular y en una circunstancia determinada.

Esta teoría tiende un elegante puente entre en énfasis localizacionista en que las cosas ocurren por una cierta tendencia según su localización y el énfasis neuroplástico en la capacidad del cerebro para reestructurarse a sí mismo. Sus implicaciones son que las personas que aprenden una nueva destreza pueden reclutar para ello operadores hasta entonces dedicados a otras actividades, incrementando así su poder de procesamiento, siempre que bloqueen el camino entre el operador que necesitan y la función que generalmente desempeña.

Alguien que se enfrenta a una tarea de gran magnitud, tal como memorizar la *Iliada* de Homero, podría entonces vendarse los ojos para reclutar así operadores normalmente dedicados a la vista, puesto que los operadores de la corteza visual también pueden procesar sonido. En tiempos de Homero era costumbre componer poemas extensos que se transmitían de forma oral de generación en generación (Homero, según reza la tradición, era ciego). La memorización era una destreza esencial en las culturas previas a la alfabetización; de hecho, el analfabetismo pudo muy bien propiciar que el cerebro de las personas asignara más operadores a tareas auditivas. Pero tamañas hazañas de memoria oral son posibles en culturas analfabetas sólo si existe motivación suficiente. Durante siglos los judíos yemenitas enseñaron a sus hijos a memorizar la Torá completa, de igual manera que los niños iraníes de hoy día se aprenden el Corán.

Hemos visto que imaginar una acción emplea los mismos programas motores necesarios para llevarla a cabo. Hemos comprobado cuán extraordinaria es la vida de nuestra imaginación: noble, pura, inmaterial y etérea, como algo separado de nuestro cerebro material. Ahora no podemos estar seguros de dónde está la línea de separación entre ambos.

Todo lo que imagina nuestra mente «inmaterial» deja huellas materiales. Cada pensamiento altera el estado físico de las sinapsis de nuestro cerebro a escala microscópica. Cada vez que imaginamos que estamos moviendo los dedos sobre las teclas del piano estamos alterando nuestras conexiones cerebrales. Estos experi-

mentos no sólo resultan hermosos e inquietantes, también echan por tierra siglos de confusión nacidos a raíz de los trabajos del filósofo francés René Descartes, quien argumentaba que la mente y el cerebro están hechos de sustancias diferentes y gobernados por leyes distintas. El cerebro, afirmaba, era algo material y físico, que existe en el espacio y obedece las leyes de la física. La mente (o el alma, como Descartes la llamaba) era inmaterial, un ente pensante que no ocupa espacio ni se rige por las leyes físicas. Los pensamientos, decía, se gobiernan por las reglas de la razón, el juicio y el deseo, y no por las leyes físicas de causa y efecto. Los seres humanos estaban hechos de esta dualidad, de este matrimonio entre la mente inmaterial y el cerebro material.

Pero Descartes —cuya división cuerpo/mente ha dominado el pensamiento científico durante 400 años— nunca fue capaz de explicar de forma creíble cómo la mente inmaterial era capaz de influir el cerebro material y, como resultado de ello, la gente empezó a preguntarse si un pensamiento inmaterial, o un mero acto de imaginación, no podrían cambiar la estructura del cerebro material. La visión de Descartes parecía abrir un puente insalvable entre la mente y el cerebro.

Sus loables intentos por rescatar el cerebro del misticismo que dominaba su época al convertirlo en algo mecánico fracasaron, y el cerebro pasó a ser considerado como una máquina inerte e inanimada, capaz de actuar sólo por acción del alma inmaterial y fantasmal que Descartes había situado en él y que pasó a llamarse «el fantasma dentro de la máquina».

Al describir un cerebro mecánico, Descartes lo volvió inerte y retrasó la aceptación de la plasticidad cerebral más que ningún otro pensador. Cualquier tipo de plasticidad —cualquier capacidad de cambiar lo que tenemos— existía en la mente, con sus pensamientos cambiantes, y no en el cerebro. Pero ahora sabemos que nuestros pensamientos «inmateriales» también tienen rasgos físicos y no podemos estar seguros de que el pensamiento no será explicado algún día en términos fisiológicos. Aunque todavía nos falta entender exactamente *cómo* pueden nuestros pensamientos cambiar la estructura de nuestro cerebro, al menos está claro que lo hacen, y que la línea rígida que Descartes trazó entre la mente y el cerebro es, cada vez más, una línea discontinua.

IX

Reconocer nuestros fantasmas

El psicoanálisis como terapia neuroplástica

El señor L padece depresiones desde hace más de 40 años y tiene dificultades a la hora de relacionarse con mujeres. Estaba a punto de cumplir los 60 y se acababa de jubilar cuando acudió a mi consulta en busca de ayuda.

Pocos psiquiatras entonces, a principios de la década de 1990, tenían idea de que el cerebro fuera plástico y a menudo consideraban que las personas cercanas a los 60 años tenían «los hábitos demasiado asentados» como para beneficiarse de un tratamiento cuyo objetivo era no sólo librarlas de sus síntomas, sino también alterar rasgos de su personalidad.

El señor L era educado y formal. Inteligente y sutil, hablaba en un tono de voz neutro, casi sin entonación. Esta sensación de distanciamiento de su interlocutor aumentaba cuando hablaba de sus sentimientos.

Además de las profundas depresiones, que respondían sólo parcialmente a los antidepresivos, padecía un segundo y extraño estado de ánimo. A menudo le sobrevenía, como salida de la nada, una misteriosa sensación de parálisis, de entumecimiento y de desesperanza, como si el tiempo se hubiera detenido. También me dijo que bebía demasiado.

Le trastornaba especialmente su relación con las mujeres ya que, en cuanto se sentía implicado emocionalmente, empezaba a dar marcha atrás, sin poder evitar pensar que «en algún lugar debe de haber otra mujer mejor para mí y a la que no conozco». Había sido infiel a su mujer en varias ocasiones y como resultado de ello su matrimonio había fracasado, pero, lo que era aún peor, no

estaba seguro de por qué era infiel, ya que respetaba mucho a su mujer. Había tratado muchas veces de volver con ella, pero ésta se había negado.

No estaba seguro de lo que era el amor, nunca había sido celoso ni posesivo con los demás y en cambio siempre tenía la sensación de que las mujeres sólo buscaban «poseerlo». Evitaba el compromiso y el enfrentamiento con ellas. Sí quería a sus hijos, pero lo que le unía a ellos era más un cierto sentido del deber que el afecto puro y simple. Esto le dolía, porque en cambio sus hijos le adoraban y eran muy cariñosos con él.

Cuando el señor L tenía 26 meses su madre murió al dar a luz a su hermana pequeña. No pensaba que su muerte le hubiera afectado de forma significativa. Él y sus seis hermanos se quedaron solos con su padre, dueño de una granja en una zona aislada sin electricidad ni agua corriente, en una comarca empobrecida por la Gran Depresión. Un año después L contrajo una enfermedad gastrointestinal crónica que requería atención constante. Cuando tenía 4 años su padre, incapaz de cuidarle a él y a sus seis hermanos, le envió a vivir a 1.600 kilómetros, con unos tíos que no tenían hijos. En dos años todo en la vida de L había cambiado. Había perdido a su madre, a su padre, a sus hermanos, su salud, su hogar y su entorno, todo lo que le importaba y a lo que se sentía unido. Y debido a que creció entre personas acostumbradas a soportar penalidades con estoicismo, ni su padre ni su familia hablaron mucho con él acerca de todas estas pérdidas.

L afirmaba no conservar recuerdos de cuando tenía 4 años o menos, y muy pocos de su etapa de adolescente. No se sentía triste por lo que le había pasado y nada le hacía llorar, ni siquiera de adulto. De hecho, hablaba como si nada de lo que había vivido hubiera dejado la menor huella en él. ¿Por qué habría de ser así?, me preguntaba. ¿Acaso las mentes infantiles son demasiado inmaduras como para registrar ese tipo de cosas?

Y sin embargo había indicios de que aquellas pérdidas le habían afectado. Mientras contaba su historia parecía seguir en estado de shock y además tenía pesadillas en las que alguien le perseguía. Tal y como descubrió Freud, los sueños recurrentes de estructura parecida a menudo incluyen fragmentos de recuerdos de traumas infantiles.

L describía así su típico sueño:

Estoy buscando algo, no sé el qué, un objeto sin identificar, tal vez un juguete, que está fuera del territorio que conozco... y quiero recuperarlo.

Su único comentario era que aquel sueño representaba «una pérdida terrible» pero, algo sorprendente, no lo relacionaba en absoluto con la muerte de su madre o con la separación de su familia.

Cuando logró comprender este sueño L fue capaz de aprender a amar, de cambiar aspectos importantes de su personalidad y de acabar con 40 años de síntomas. Para ello hicieron falta cuatro años de terapia. El cambio fue posible porque el psicoanálisis es, en realidad, una terapia neuroplástica.

Desde hace años está de moda en algunos círculos decir que el psicoanálisis, la «terapia conversacional» y otras variantes de psicoterapia no son formas serias de tratar síntomas psiquiátricos y trastornos de personalidad. Los tratamientos «serios» requieren medicación, no sólo «hablar sobre los pensamientos y sentimientos», algo que no tendría capacidad de afectar al cerebro o alterar el carácter, que se considera cada vez más algo genético.

Empecé a interesarme por la neuroplasticidad cuando era residente del Departamento de Psiquiatría de la Universidad de Columbia gracias a los trabajos del psiquiatra e investigador Eric Kandel, que daba clase allí y era considerado una gran influencia. Kandel fue el primero en demostrar que conforme aprendemos nuestras neuronas individuales alteran su estructura y fortalecen sus conexiones sinápticas. También fue el primero en probar que cuando desarrollamos recuerdos a largo plazo las neuronas cambian su forma anatómica y aumentan el número de sus conexiones sinápticas con otras neuronas, un trabajo que le hizo merecedor del Premio Nobel en 2000.

Kandel se hizo médico y psiquiatra porque quería practicar el psicoanálisis, pero varios amigos psicoanalistas le convencieron de que se dedicara a estudiar el cerebro y los mecanismos de aprendizaje y de la memoria, para así adquirir un conocimiento más profundo de por qué el psicoanálisis es efectivo y de cómo podría mejorarse su aplicación. Después de varios éxitos, Kandel decidió convertirse en investigador a tiempo completo, pero nunca perdió el interés en cómo el cerebro y la mente cambian bajo los efectos del psicoanálisis.

Empezó a estudiar un caracol marino gigante llamado *Aplysta* cuyas neuronas, inusualmente grandes —sus células son de un mi límetro de ancho y visibles al ojo sin necesidad de lente de aumento— sirven para ilustrar el funcionamiento del tejido nervioso en los humanos. La evolución es conservadora, y formas elementales de aprendizaje funcionan de la misma manera en animales con sistemas nerviosos simples que en los humanos.

Kandel confiaba en poder «atrapar» una respuesta aprendida en el grupo de neuronas más pequeño posible y estudiarla. Encontró un pequeño circuito en el caracol que pudo extirpar parcialmente y diseccionar manteniéndolo vivo en agua de mar. De esta manera podría estudiarlo mientras vivía y aprendía.

El caracol marino tiene un sistema nervioso sencillo con células sensoras que detectan el peligro y envían señales a las neuronas motoras, las cuales actúan de forma refleja para protegerlo. Respiran por branquias que están cubiertas por un tejido carnoso llamado sifón. Si las neuronas sensoras del sifón detectan un estímulo extraño o un peligro envían un mensaje a seis neuronas motoras que emiten, haciendo que los músculos que rodean las branquias se retraigan y escondan a éstas y al sifón en la concha. Kandel estudió este circuito insertando microelectrodos en las neuronas, tras lo cual pudo demostrar que conforme el caracol aprendía a evitar posibles peligros y retraía las branquias, su sistema nervioso cambiaba fortaleciendo las conexiones sinápticas entre sus neuronas sensoras y motoras y enviando señales más poderosas que eran detectadas por los microelectrodos. Ésta fue la primera prueba de que el aprendizaje genera un fortalecimiento neuroplástico de las conexiones entre neuronas.

Si repetía el estímulo negativo en un corto intervalo de tiempo el caracol se «sensibilizaba», de forma que desarrollaba un «miedo aprendido» y una tendencia a reaccionar de forma exagerada incluso ante estímulos benignos, tal y como hacen los humanos cuando desarrollan cuadros de ansiedad. Una vez que los caracoles desarrollaban miedo aprendido, las neuronas presinápticas enviaban más mensajes químicos a la sinapsis emitiendo una señal más poderosa. A continuación Kandel demostró que se podía enseñar a los caracoles a reconocer un estímulo peligroso. Cuando se tocaba suavemente el sifón una y otra vez sin que a ello siguiera un estímulo negativo, las sinapsis que conducían al reflejo de retracción se debilitaban y llegaba un momento en que el caracol ignoraba el roce.

Por último Kandell pudo probar que los caracoles también pueden aprender a asociar dos sucesos diferentes y que su sistema nervioso cambia en el proceso. Cuando le daba al caracol un estímulo benigno seguido inmediatamente de otro maligno, la neurona sensora del animal enseguida respondía al primer estímulo como si fuera peligroso, emitiendo señales muy potentes, incluso cuando al estímulo benigno no le seguía una amenaza de peligro.

A continuación Kandel, en colaboración con Tom Carew, un psicólogo-fisiólogo, demostró que los caracoles eran capaces de desarrollar memorias a corto y largo plazo. En un experimento el equipo entrenó a uno de estos animales a retraer las branquias después de que le hubieran tocado 10 veces seguidas. Los cambios en las neuronas se mantuvieron durante varios minutos, el equivalente a una memoria a corto plazo. Cuando tocaban la branquia 10 veces en cuatro sesiones de entrenamiento diferentes separadas entre sí por varias horas, los cambios en las neuronas duraban hasta tres semanas. Así pues, los caracoles habían desarrollado una forma rudimentaria de memoria a largo plazo.

Kandel entonces trabajó con su colega, el biólogo molecular James Schwartz y varios genetistas para intentar entender mejor las moléculas *individuales* que participan en la formación de recuerdos a largo plazo en los caracoles y encontraron que, para que los recuerdos a corto plazo pasaran a ser a largo plazo es necesario que las células generen una nueva proteína. El equipo demostró que un recuerdo a corto plazo se convierte en uno a largo plazo cuando una sustancia química de la neurona llamada proteína quinasa A se desplaza del cuerpo de la neurona hasta su núcleo, donde se almacenan los genes. Esta proteína activa a un gen para que éste genere a su vez otra proteína capaz de alterar la estructura de las terminaciones nerviosas, de forma que desarrolle conexiones entre neuronas. Después Kandel, Carew, Mary Chen y Craig Bailey demostraron que cuando una sola neurona desarrolla una memoria a largo plazo por sensibilización, puede pasar de tener 1.300 conexiones sinápticas a 2.700, lo que supone una cantidad asombrosa de cambio neuroplástico. En los humanos se da el mismo proceso. Cuando aprendemos, alteramos aquellos genes de nuestras neuronas que se activan en el proceso.

Nuestros genes tienen dos funciones: una «de plantilla», que les permite reproducirse, generando réplicas de sí mismos que se transmiten de generación en generación y que está fuera de nuestro control. La segunda es la «función de trascripción». Cada cé-

lula de nuestro organismo contiene todos nuestros genes, pero no todos se activan o se expresan. Cuando un gen se activa fabrica una nueva proteína que altera la estructura y la función de la célula. Esto se conoce como función transcriptora, porque cuando el gen se activa, «transcribe» información del gen individual acerca de cómo se fabrican estas proteínas. Esta función está influida por cómo pensamos y actuamos.

La mayoría de la gente piensa que nuestros genes determinan cómo somos, nuestro comportamiento y nuestra anatomía cerebral, pero el trabajo de Kandel demuestra que cuando aprendemos, nuestra mente influye en cuáles de nuestros genes son transcritos. De forma que podemos moldear nuestros genes, que a su vez dan forma a la anatomía microscópica de nuestro cerebro.

Según Kandel, cuando la psicoterapia cambia a las personas «lo hace posiblemente por medio de aprendizaje, generando cambios en la expresión genética que alteran la intensidad de las conexiones sinápticas, así como cambios estructurales que alteran el patrón anatómico de las interconexiones entre las células nerviosas del cerebro». La psicoterapia actúa profundizando en el cerebro y sus neuronas y cambiando su estructura activando los genes adecuados. La psiquiatra Susan Vaughan ha propuesto que la terapia conversacional actúa «hablando a las neuronas» y que un psicoanalista o psicoterapeuta efectivo es un «microcirujano del cerebro» que ayuda a sus pacientes a realizar las alteraciones necesarias en sus redes neuronales.

Estos descubrimientos sobre aprendizaje y memoria a escala molecular tienen sus raíces en la trayectoria personal de Kandel, quien nació en Viena en 1929 cuando la ciudad era un gran centro cultural e intelectual. Pero Kandel era judío y entonces Austria era un país violentamente antisemítico. En marzo de 1938, cuando Hitler invadió Viena y anexionó Austria al Tercer Reich, fue recibido por multitudes fervorosas y el arzobispo católico de Viena ordenó que todas las iglesias de la ciudad enarbolaran la bandera nazi. Al día siguiente, todos los compañeros de clase de Kandel, a excepción de una niña, la única otra judía, dejaron de hablarle y empezaron a maltratarle. En abril todos los niños judíos habían sido expulsados del colegio.

El 9 de noviembre de 1938, —la Noche de los Cristales Rotos en que los nazis destruyeron todas las sinagogas del Reich ale-

mán, incluidas las de Austria— su padre fue arrestado. Los judíos austriacos fueron expulsados de sus casas y 30.000 de ellos enviados al día siguiente a campos de concentración.

Kandel escribió: «Recuerdo la Noche de los Cristales Rotos como si fuera ayer, aunque sucedió hace más de 60 años. Fue dos días después de mi noveno cumpleaños, en el cual recibí montones de regalos de la tienda de juguetes de mi padre. Cuando volvimos a nuestra casa alrededor de una semana después de haber sido evacuados, todos los objetos de valor habían desaparecido, incluidos mis juguetes... Resultaría inútil, incluso para alguien formado en el pensamiento psicoanalítico como yo, intentar relacionar las acciones e intereses complejos de mi vida posterior con determinadas experiencias de la juventud, pero no puedo evitar pensar que lo vivido durante mi último año en Viena contribuyó a fomentar mi interés por la mente humana, por estudiar el comportamiento de las personas, lo impredecible de sus motivaciones y la persistencia de la memoria... Me asombra comprobar, al igual que les ocurre a otros, cuán profundamente estas vivencias traumáticas de la infancia se quedaron grabadas en mi memoria». Le atrajo el psicoanálisis porque creía que proporcionaba «la visión más coherente, interesante y matizada de la mente humana» y, de todas las psicologías, era la que hacía posible el entendimiento más exhaustivo de las contradicciones del comportamiento humano, de cómo sociedades civilizadas son capaces, de la noche a la mañana, de «infligir tanto dolor a tantas personas» y de cómo un país en apariencia tan civilizado como Austria pudo volverse «tan radicalmente disociado».

El psicoanálisis (o «análisis») es un tratamiento que ayuda a las personas con serios problemas en su personalidad, que surgen cuando tenemos profundos conflictos internos debido a los cuales, como dice Kandel, partes de nosotros se «disocian» radicalmente del resto.

Mientras que la trayectoria de Kandel le llevó de la consulta médica a un laboratorio de neurociencia, Sigmund Freud empezó su carrera como investigador del cerebro, pero las necesidades económicas le obligaron a abandonar el laboratorio y abrir una consulta privada de neurología que le permitiera mantener a su familia. Como neurólogo, Freud pronto se desilusionó con el localizacionismo imperante en la época basado en el trabajo de Broca y otros, y se dio cuenta de que la noción de un cerebro inmutable

no servía para explicar actividades culturales complejas adquiridas tales como leer o escribir. En 1891 escribió un ensayo titulado *Sobre la afasia*, que ponía de manifiesto las inconsistencias de la teoría «una función, una localización» y proponía que fenómenos mentales complejos como leer y escribir no se restringen a un área de la corteza cerebral y que no tenía sentido afirmar, tal y como hacían los localizacionistas, que hay un «centro» cerebral para la capacidad de leer y escribir, porque ésta no es innata. En lugar de ello, proponía que el cerebro, en el curso de nuestras vidas individuales, debe remodelarse a sí mismo y a sus conexiones de forma dinámica para poder desempeñar estas funciones adquiridas.

En 1895 Freud terminó su «Proyecto para una Psicología Científica», uno de los primeros modelos neurocientíficos exhaustivos que integraba cerebro y mente y que todavía despierta admiración por su perspicacia. En él Freud hablaba de la «sinapsis» o relación entre las células nerviosas, adelantándose varios años a sir Charles Sherrington, a quien se atribuye el mérito. En su «Proyecto» Freud llega incluso a describir cómo las conexiones sinápticas, a las que llama «barreras de contacto», pueden cambiar con lo que aprendemos, anticipando así las teorías de Kandel. También propone ideas neuroplásticas, entre ellas, la ley de que neuronas que emiten a un tiempo tienden a asociarse, por lo general conocida como la ley de Hebb, aunque Freud ya la formuló en 1886, sesenta años antes. Freud afirmaba que cuando dos neuronas emiten *simultáneamente* se favorece su *asociación*. También subrayó que lo que une a las neuronas es su emisión *sincronizada*, y llamó a este fenómeno la ley de asociación por simultaneidad. Esta ley sirve para entender la importancia de la idea de Freud de la «libre asociación», en la que pacientes en psicoanálisis se tienden en un diván y dicen lo primero que les viene a la cabeza, independientemente de que tenga importancia o no. El analista se sienta detrás del paciente, fuera de su vista, y por lo general interviene poco en la conversación. Freud descubrió que si éste no interfería, de las asociaciones del paciente salían muchos sentimientos ocultos y conexiones interesantes. La libre asociación se basa en la idea de que todas nuestras asociaciones mentales, por muy «arbitrarias» y sin sentido que parezcan, son expresiones de vínculos formados en las redes de nuestra memoria. Su ley de la asociación por simultaneidad vincula de forma implícita los cambios en las redes neuronales con cambios en las redes de nuestra memoria, de forma que las neuronas que emi-

ban juntas durante años se asociaban y estas conexiones originales a menudo siguen presentes y se manifiestan en las asociaciones libres, que hace el paciente durante la sesión de psicoanálisis.

La segunda noción de plasticidad que propuso Freud tiene que ver con el periodo crítico psicológico y la plasticidad sexual. Tal y como vimos en el capítulo IV sobre gustos y preferencias, Freud fue el primero en argumentar que la sexualidad humana y la capacidad de amar atraviesan periodos críticos durante la infancia que él llama «fases de organización». Lo vivido durante estos periodos críticos tiene un efecto decisivo en nuestra capacidad de amar y relacionarnos una vez adultos. Si algo se tuerce es posible enderezarlo más adelante, pero una vez se cierra el periodo crítico los cambios plásticos son más difíciles de conseguir.

La tercera idea está relacionada con una visión plástica de la memoria. Freud heredó de sus maestros la noción de que nuestras experiencias dejan *recuerdos permanentes* en nuestra mente, pero cuando empezó a trabajar con pacientes, observó que los recuerdos no se «graban» de forma indeleble, sino que pueden ser alterados y *retranscritos* por acontecimientos posteriores. Vio que con los años, algunos pacientes alteraban el significado de acontecimientos pasados y también sus recuerdos de los mismos. Niños que habían sufrido abusos cuando eran demasiado pequeños para comprender lo que les sucedía no siempre se mostraban afectados durante la infancia y sus primeros recuerdos no siempre eran negativos. Pero una vez maduraban sexualmente veían lo ocurrido con nuevos ojos dándole un nuevo significado y cambiando así sus recuerdos. En 1896 Freud escribió que de tanto en tanto los recuerdos son sujetos a «una *reorganización* de acuerdo con las nuevas circunstancias, a una *retranscripción*. Así pues, la novedad de mi teoría es la tesis de que los recuerdos están presentes no sólo una vez sino varias». Los recuerdos se remodelan constantemente, «de forma análoga a cómo una nación elabora leyendas sobre sus orígenes». Para que cambien, decía Freud, los recuerdos deben ser conscientes y convertirse en objeto de nuestra atención, como desde entonces han demostrado los neurocientíficos. Por desgracia, como ocurría con el señor L, determinados recuerdos traumáticos de sucesos ocurridos en la infancia no son fácilmente accesibles a la conciencia, de manera que no cambian.

El cuarto concepto neuroplástico propuesto por Freud le ayudó a explicar cómo es posible hacer conscientes y retranscribir re-

cuerdos traumáticos. Observó que el procedimiento de privación sensorial al que sometía a sus pacientes en su consulta al sentarse fuera de su campo de visión e interviniendo únicamente cuando detectaba las causas de sus problemas, provocaba que los pacientes comenzaran a identificarle a él con las personas que habían sido importantes en su pasado, por lo general sus padres, y en especial durante los periodos críticos de su vida. Era como si estuvieran reviviendo sus recuerdos de forma inconsciente. Freud llamó a este fenómeno «transferencia», porque en él los pacientes transferían escenas y percepciones del pasado al presente. Estaban «reviviéndolos» en lugar de «recordándolos». Un analista que está fuera de su vista y habla poco se convierte en una especie de pantalla en blanco sobre la que el paciente proyecta su transferencia. Freud descubrió que los pacientes proyectaban estas «transferencias» no sólo en él sino en otras personas de su entorno sin ser conscientes de ello, de forma que ver a otros de manera distorsionada a menudo les causaba problemas. Ayudar a los pacientes a comprender sus transferencias les permitía mejorar sus relaciones y, lo que es más importante, Freud descubrió que las transferencias de episodios traumáticos de la infancia podían ser a menudo alteradas si le hacía saber al paciente lo que sucedía cuando activaba la transferencia y éste prestaba atención a ello. Así pues, la redes neuronales y los recuerdos asociados podían ser retranscritos y modificados.

A los 26 meses, que fue cuando L perdió a su madre, el cambio plástico en un cerebro infantil está en su punto álgido: nuevos sistemas se están formado y las conexiones neuronales se están fortaleciendo. Además los mapas se están diferenciando y completando su estructura básica con la ayuda de estímulos del mundo y la interacción con el mismo. El hemisferio derecho acaba de «dar un estirón» y el izquierdo está empezando a darlo.

El hemisferio cerebral derecho se ocupa por lo general de procesar comunicación no verbal; nos permite reconocer caras y leer expresiones faciales y nos conecta con otras personas. De este modo, procesa las señales visuales no verbales que intercambian una madre y su bebé; también el componente musical del habla llamado tono, con el que comunicamos emociones. Durante la etapa de crecimiento del hemisferio derecho, que va del nacimiento al segundo año, estas funciones atraviesan periodos críticos.

El hemisferio izquierdo se ocupa de procesar los elementos *verbales* y *lingüísticos* de la comunicación y analiza problemas empleando el procesamiento *consciente*. En los bebés el hemisferio derecho es más grande hasta el final del segundo año, debido a que el izquierdo no ha hecho más que iniciar su etapa de crecimiento, mientras que el derecho domina el cerebro durante los tres primeros años de vida. Una criatura de 26 meses es compleja, emocional y dominada por el hemisferio cerebral derecho, y no puede hablar de sus experiencias, una función que corresponde al lado izquierdo del cerebro. Escáneres realizados demuestran que durante los primeros dos años de vida la madre se comunica principalmente de forma no verbal y empleando el hemisferio derecho para llegar así al de su bebé.

Hay un periodo crítico especialmente importante que dura desde los 10 o los 12 meses a los 16 o 18 durante el cual se desarrolla un área clave del lóbulo frontal derecho dando forma a los circuitos cerebrales que permitirán al niño mantener vínculos afectivos y regular sus emociones. Esta área, situada detrás del ojo derecho, recibe el nombre de sistema *órbito frontal derecho* (este sistema tiene su núcleo en la corteza orbitofrontal, que ya vimos en el capítulo VI «Abrir la puertas del cerebro», pero también incluye vínculos con el sistema límbico, encargado de procesar emociones. Este sistema nos permite interpretar las expresiones faciales de la gente y, por tanto, sus emociones, y comprender y controlar las nuestras. Por tanto, el pequeño L de 26 de meses habría completado su desarrollo orbitofrontal pero no habría tenido aún la ocasión de reforzarlo.

Una madre que está junto a su hijo durante su periodo crítico en el que se desarrollan los vínculos emocionales está constantemente enseñándole la diferencia entre distintas emociones mediante la entonación o los gestos no verbales. Cuando mira a su bebé después de que éste haya tragado aire al tomar el biberón, es posible que diga: «No llores, chiquitín, no tengas miedo. Te duele la barriga porque has bebido demasiado deprisa. Deja que mamá te coja, te saque los aires y te abrace. Estarás mejor». Está poniendo nombre (miedo) a la emoción que siente el niño, además de explicarle que lo que le ocurre tiene una causa (ha bebido demasiado deprisa), que la emoción se transmite por un gesto no verbal (llorar), que ésta se asocia a una sensación corporal (dolor de barriga) y que recurrir a los demás para que nos ayuden suele ser de utili-

dad (deja que mamá te coja...). Esa madre acaba de dar a su hijo un cursillo intensivo sobre los varios matices de emoción que se transmiten no sólo con palabras, sino con el tono cariñoso de su voz, con sus gestos y mediante el tacto. Para que un niño aprenda a conocer y a regular sus emociones y a conectarse socialmente, necesita experimentar esta clase de interacción cientos de veces durante el periodo crítico y reforzarlas más adelante en el curso de su vida.

L perdió a su madre sólo unos meses después de que su sistema orbitofrontal hubiera terminado de desarrollarse y tuvieron que ser otras personas, que probablemente estaban sufriendo también por la pérdida y no estaban tan instintivamente preparados como ella para hacerlo, las que le ayudaron a usar y ejercitarlo. Un niño que pierde a su madre a edad tan temprana casi siempre sufre dos importantes golpes: el de la muerte de la madre y la depresión del padre. Si no hay otros que puedan consolarse y ayudarle a regular sus emociones como lo hacía su madre, entonces aprenderá a «autorregularlas» simplemente, anulándolas. Cuando L acudió a mí en busca de tratamiento todavía conservaba esta tendencia a evitar las emociones y la dificultad para mantener vínculos afectivos.

Mucho antes de que fueran posibles los escáneres de la corteza orbitofrontal los psicoanalistas habían tomado nota de lo que caracterizaba a los niños que habían perdido a su madre durante periodos críticos tempranos. Durante la Segunda Guerra Mundial René Spitz estudió a niños criados por sus madres en prisión y los comparó con aquellos criados en un hogar de acogida donde una sola enfermera era responsable de seis de ellos. Los niños del hogar de acogida dejaban de desarrollarse intelectualmente, eran incapaces de controlar sus emociones y se dedicaban a mecerse interminablemente atrás y adelante o a hacer extraños movimientos con la mano. También entraban en estados «de desconexión» en los que se mostraban indiferente a lo que sucedía a su alrededor, sin responder a quienes intentaban consolarlos. En las fotografías estos niños tienen una mirada ausente e inquietante. Los estados «de parálisis» o desconexión se producen cuando los niños han renunciado a toda esperanza de recuperar a su progenitor, pero, ¿cómo podía L, que solía caer en estados semejantes, haber registrado este tipo de experiencia tan temprana en su memoria?

Los neurocientíficos reconocen dos sistemas de memoria, los cuales pueden ser alterados plásticamente mediante psicoterapia. El sistema de memoria que ya está desarrollado a los 26 meses es la llamada memoria «procedimental» o «implícita», términos ambos que Kandel emplea indistintamente. La memoria procedimental o implícita actúa cuando aprendemos un procedimiento o un conjunto de acciones automáticas que ocurren fuera de nuestra atención y en las que por lo general no son necesarias las palabras. Nuestras interacciones no verbales con otras personas y muchos de nuestros recuerdos emocionales son parte de nuestra memoria procedimental. Tal y como lo explica Kandel, «durante los dos o tres primeros años de vida, cuando la interacción de un niño con su madre es especialmente importante, el niño se apoya sobre todo en su sistema de memoria procedimental». Esta memoria funciona por lo general de forma inconsciente y rige actividades como montar en bicicleta. De hecho, los que montan con facilidad tendrían problemas para explicar de forma consciente cómo lo hacen. La memoria procedimental confirma que tenemos recuerdos inconscientes, tal y como Freud proponía.

La otra forma de memoria se llama «explícita» o «declarativa», empieza a desarrollarse a los 26 meses y se ocupa de registrar datos específicos, sucesos y episodios. Es la que usamos cuando describimos y volvemos explícito lo que hemos hecho durante el fin de semana, con quién hemos estado y por cuánto tiempo. Nos ayuda a organizar nuestros recuerdos en el tiempo y en el espacio, se apoya en el lenguaje y se vuelve más importante conforme el niño aprende a hablar.

En personas que han sufrido experiencias traumáticas en sus tres primeros años de vida es poco probable que recuerden éstas de forma explícita (L me dijo que no conservaba ni un solo recuerdo de sus primeros cuatro años). Pero los recuerdos procedimentales/implícitos de estas experiencias existen y pueden evocarse o desencadenarse cuando la persona vive situaciones parecidas. Son recuerdos que a menudo parecen asaltarnos como «salidos de ninguna parte» y sin que podamos situarlas en un tiempo, un lugar o un contexto concretos. Los recuerdos procedimentales de interacciones emocionales a menudo afloran más adelante en forma de transferencia.

El descubrimiento de la memoria explícita fue posible gracias a la observación del caso médico más famoso de la historia de la neurociencia, el de un hombre joven llamado H M que padecía epi-

lepsia aguda. Para tratarle los médicos extirparon una parte de su cerebro del tamaño de un dedo pulgar, el hipocampo (en realidad hay dos hipocampos, uno en cada hemisferio cerebral, y a H M se le extirparon ambos). Nada más salir de la cirugía el paciente parecía normal, reconocía a su familia y era capaz de mantener una conversación. Pero pronto se hizo evidente que desde su operación ya no era capaz de asimilar información nueva. Cuando los médicos le examinaron, charlaron con él, se marcharon y regresaron al poco tiempo H M no recordaba nada del encuentro anterior. Su caso nos enseña que el hipocampo convierte nuestros recuerdos a corto plazo en memoria explícita a largo plazo, recuerdos de personas, lugares y cosas a las cuales tenemos acceso consciente.

El psicoanálisis ayuda a las personas a situar sus recuerdos procedimentales inconscientes en contexto, de forma que puedan entenderlos mejor. En el proceso retranscriben plásticamente estos recuerdos procedimentales convirtiéndolos en explícitos y conscientes, en ocasiones por primera vez, y gracias a ello los pacientes no necesitan ya «revivirlos», en especial si eran traumáticos.

L se acostumbró enseguida al psicoanálisis y a la libre asociación de ideas y empezó a descubrir, al igual que muchos pacientes, que a menudo le venían a la mente sueños de la noche anterior. Entre ellos estaba el viejo sueño recurrente en que se encontraba buscando un objeto no identificado pero que ahora incluía nuevos detalles: el «objeto» podría ser una persona.

> Ese objeto perdido podría ser una parte de mí o tal vez no, tal vez es un juguete, algo que me pertenecía, o una persona. Y tengo que conseguirlo. Sabré lo que es cuando lo encuentre. Aunque algunas veces no estoy seguro de si existe, y por eso dudo de si en realidad perdí algo.

Le hice ver que estaba apareciendo un nuevo patrón, y cada vez que nuestras sesiones se interrumpían por las vacaciones me decía que los sueños, las depresiones y la sensación de parálisis aumentaban. Al principio no me creía, pero las depresiones y los sueños de pérdida —posiblemente de una persona— seguían apareciendo a intervalos. Entonces recordó que antes de jubilarse, cuando dejaba de trabajar por vacaciones u otros motivos también sufría depresiones misteriosas.

La sensación en su sueño de *estar buscando algo desesperadamente* estaba asociada, en su memoria, con *periodos de indiferencia*, y era razonable pensar que las neuronas encargadas de codificar estos recuerdos se habían asociado en una fase anterior de su desarrollo. Pero ya no era consciente —si es que alguna vez lo había sido— de este vínculo pasado. El «juguete perdido» del sueño era un indicio de que su padecimiento actual estaba teñido por sus pérdidas infantiles pero el sueño implicaba que la pérdida estaba sucediendo *ahora*. Pasado y presente se confundían y se estaba activando una transferencia. En este punto yo, como psicoanalista, hice lo que hace una madre cuando desarrolla el sistema orbitofrontal de su hijo, enseñándole las emociones «básicas», ayudándole a ponerles nombre, a entender cómo se desencadenan e influyen en su estado mental y físico. Pronto L fue capaz de discernir las emociones y sus causas por sí mismo.

Las interrupciones evocaban tres tipos de recuerdos procedimentales: un estado de ansiedad en el que buscaba con desesperación a su madre y a su familia perdidas; un estado de depresión en el que desesperaba de encontrar lo que buscaba, y un estado de parálisis cuando se desconectaba del mundo y el tiempo parecía detenerse, probablemente porque estaba abrumado por lo que le sucedía.

Al hablar de estas experiencias L fue capaz, por primera vez en su vida adulta, de conectar su búsqueda desesperada con su verdadera causa, la pérdida de una persona, y de darse cuenta de que en su mente y su cerebro la idea de separación y la idea de la muerte de su madre aún estaban unidas. Establecer estas asociaciones y darse cuenta de que ya no era un niño indefenso le sirvieron para sentirse menos abrumado.

En términos de neuroplástica, activar y *prestar atención* al vínculo existente entre separaciones necesarias y cotidianas y su reacción excesiva a las mismas le ayudó a disociar la conexión y a alterar el patrón de conducta.

Cuando L fue consciente de que estaba reaccionando a nuestras breves separaciones como si fueran grandes pérdidas tuvo el siguiente sueño:

> Estoy con un hombre moviendo una gran caja de madera que tiene dentro una pesa.

Cuando practicó la asociación libre de ideas con este sueño le vinieron a la cabeza varios pensamientos. La caja le recordaba a su caja de juguetes pero también a un ataúd. Lo que el sueño parecía decirle, de manera simbólica, era que estaba cargando con el peso de la muerte de su madre. Entonces el hombre del sueño le decía:

> «Mira lo que has pagado por esta caja». Entonces empiezo a desnudarme y veo que tengo la pierna muy mal, cubierta de cicatrices y costras, y una protuberancia de carne muerta. No sabía que el precio a pagar fuera tan alto.

Las palabras «No sabía que el precio a pagar fuera tan alto» estaban unidas en su mente al hecho de darse cuenta de que todavía estaba influido por la muerte de su madre. Le había herido y aún conservaba las «cicatrices». Nada más ser capaz de articular este pensamiento se quedó en silencio y tuvo una de las grandes revelaciones de su vida.

«Cada vez que estoy con una mujer», me dijo, «enseguida pienso que no es la indicada para mí y que existe una mujer ideal en alguna parte esperándome». A continuación, y con aspecto de estar conmocionado, añadió: «Me acabo de dar cuenta de que esa otra mujer debe de ser mi madre, y de que es a *ella* a quien tengo la sensación de que debo ser fiel, pero a la que nunca consigo encontrar. La mujer con la que estoy se convierte entonces en mi madre adoptiva, y quererla es como traicionar a mi verdadera madre».

De pronto se dio cuenta de que su necesidad imperiosa de ser infiel a su pareja le sobrevino justo cuando se sentía más cerca de ella, amenazando con desenterrar el vínculo con su madre. Esta infidelidad era también el primer indicio de que se sentía ligado emocionalmente a su madre de alguna forma.

Cuando a continuación formulé la pregunta en voz alta de si no sería yo el hombre de su sueño que le estaba haciendo ver hasta qué punto su vida emocional estaba dañada, L rompió a llorar por primera vez en su vida adulta.

L no mejoró de la noche a la mañana. Primero tuvo que pasar por ciclos de separaciones, sueños, depresiones y revelaciones, la repetición necesaria para que se produzca el cambio neuroplásti-

co a largo plazo. Era preciso que neuronas nuevas se asociaran, que antiguas maneras de reaccionar se desaprendieran y sus vínculos neuronales se debilitaran. Puesto que L había relacionado las ideas de separación y de muerte, éstas estaban asociadas en sus redes neuronales. Ahora que era consciente de dicha asociación podía desaprenderla.

Todos poseemos mecanismos de defensa, en realidad patrones de respuesta que ocultan pensamientos, sentimientos y recuerdos dolorosos de nuestra conciencia. Una de estas defensas se llama disociación, que mantiene las ideas amenazadoras separadas del resto de la psique. L empezó a tener ocasión de reexperimentar recuerdos autobiográficos dolorosos de la búsqueda de su madre que habían permanecido congelados en el tiempo y disociados de su memoria consciente. Cada vez que lo hacía se sentía más entero, conforme los grupos neuronales que codificaban sus recuerdos y que habían estado desconectados se conectaban de nuevo.

Desde Freud el psicoanálisis ha descubierto que algunos de los pacientes que se someten a terapia desarrollan fuertes sentimientos hacia su psicoanalista. Esto sucedió en el caso de L, cuando creció entre nosotros un sentimiento de cercanía y calidez. Freud era de la opinión de que estos sentimientos positivos transferidos procedían de uno de los varios mecanismos que favorecían la curación del paciente. En términos neurocientíficos esto ayuda probablemente porque las emociones y los patrones que desplegamos en nuestras relaciones son parte de la memoria procedimental y, cuando se desencadenan mediante terapia dan al paciente la oportunidad de observarlos y cambiarlos ya que, tal y como vimos en el capítulo IV «Adquisición de gustos y preferencias», los vínculos positivos favorecen el cambio neuroplástico al fomentar el desaprendizaje y disolver redes neuronales existentes, de forma que el paciente puede modificar sus intenciones.

«Ya no puede existir ninguna duda», afirma Kandel, «de que la psicoterapia puede propiciar cambios detectables en el cerebro». Escáneres cerebrales realizados recientemente en pacientes antes y después de someterse a psicoterapia demuestran cómo el cerebro se reorganiza plásticamente tras el tratamiento y que cuánto más éxito tiene éste mayores son los cambios. Cuando los pacientes reviven sus traumas o experimentan emociones incontrolables el flujo sanguíneo a los lóbulos prefrontal y frontal, que ayudan a regu-

lar nuestro comportamiento, disminuye, indicando que esas áreas están menos activas. Según el neuropsicoanalista Mark Solms y el neurocientífico Oliver Turnbull «El propósito de la terapia verbal [...] desde el punto de vista neurobiológico [es] extender la esfera de influencia funcional a los lóbulos prefrontrales».

Un estudio realizado con pacientes deprimidos a los que se trató con psicoterapia interpersonal —un tratamiento a corto plazo parcialmente basado en la obra teórica de los psicoanalistas John Bowlby y Harry Stack Sullivan— demostró que la actividad cerebral prefrontal se normalizaba con el tratamiento. El sistema orbitofrontal, que es muy importante a la hora de reconocer y regular las emociones y las relaciones personales no funcionaba correctamente en L. Un estudio realizado con resonancia magnética cerebral funcional de pacientes con ansiedad y ataques de pánico encontró que la tendencia de sus sistemas límbicos a activarse de forma anormal por estímulos potencialmente amenazadores se reducía mediante terapia psicoanalista.

Conforme L empezó a comprender sus síntomas postraumáticos fue capaz de regular mejor sus emociones. Me contó que ahora tenía mayor autocontrol y que sus estados de parálisis misteriosa se estaban espaciando. Cuando experimentaba sentimientos de dolor no recurría a la bebida tanto como antes. Además empezaba a bajar la guardia y a estar menos a la defensiva. Se sentía cómodo expresando su ira cuando era necesario y se sentía más cerca de sus hijos. Poco a poco empezó a usar nuestras sesiones para enfrentarse a su dolor en lugar de ignorarlo por completo. A menudo permanecía callado durante varios minutos en los que parecía lleno de resolución. La expresión de su cara revelaba que estaba sufriendo enormemente y sintiendo una tristeza sobre la que no quería hablar.

Puesto que nunca habló de sus sentimientos acerca de la pérdida de su madre mientras crecía y la familia respondía ante el dolor entregándose más a sus tareas, y puesto que llevaba tantos años en silencio, decidí arriesgarme y poner en palabras lo que él estaba expresando de forma no verbal. Le dije: «Es como si me estuviera diciendo, tal vez como en su momento quiso decir a sus familiares, ¿No ve que, después de esta pérdida tengo que estar por fuerza deprimido?»

Rompió a llorar por segunda vez durante nuestra terapia y a sacar la lengua de manera involuntaria y rítmica entre ataques de

llanto, como un bebé que busca el pecho de su madre. Después se tapó la cara, se llevó la mano a la boca como lo haría un niño de dos años y prorrumpió en un llanto ruidoso y primitivo, diciendo: «Necesito que alguien me consuele de mi dolor y mis pérdidas, pero no te acerques demasiado. Quiero estar solo en mi desgracia, algo que no puedes entender porque ni yo mismo puedo. La pena es demasiado grande».

Al oír esto los dos fuimos conscientes de que tenía una gran tendencia a rechazar el consuelo de los demás, lo que contribuía a su carácter «distante». Se enfrentaba a un mecanismo de defensa que llevaba activado desde la infancia y que le ayudaba a bloquear la inmensidad de su pérdida. Y ese mecanismo, al repetirse miles de veces, se había visto reforzado plásticamente. El rasgo personal de su carácter, su distanciamiento, no era algo genéticamente determinado, sino aprendido, y ahora lo estaba desaprendiendo.

Puede parecer insólito que L llorara y sacara la lengua como un bebé, pero tan sólo sería una de las muchas experiencias «infantiles» que reviviría en el diván. Freud observó que los pacientes con experiencias traumáticas en la primera infancia a menudo sufren «regresiones» (por emplear el término que él utiliza) en momentos claves y no sólo reviven sus primeros recuerdos sino que los experimentan de forma infantil. Esto tiene todo el sentido desde el punto de vista neuroplástico. L acababa de desprenderse de un mecanismo de defensa que tenía activado desde que era un niño —la negación del impacto emocional de su pérdida— y había verbalizado por fin los recuerdos y el dolor que este mecanismo había ocultado. Recordemos que Bach-y-Rita describía algo muy similar en pacientes cuyos cerebros se estaban reorganizando. Si una red cerebral establecida se bloquea entonces otras más antiguas deben ocupar su lugar. A esto lo llamó «desenmascarar» viejos caminos neuronales y dedujo que era una de las formas principales que tiene el cerebro de reorganizarse. La regresión durante el psicoanálisis a nivel neuronal es, creo, una forma de desenmascaramiento que a menudo precede la reorganización fisiológica. Que es lo que le ocurrió a L.

En su siguiente sesión me dijo que su sueño recurrente había cambiado. Esta vez iba a visitar su antigua casa buscando «cosas de

adultos». El sueño evidenciaba que la parte de L que había permanecido adormecida tanto tiempo había revivido:

> Voy a visitar una casa vieja. No sé de quién es, pero es mía. Estoy buscando algo, no son juguetes, sino cosas de adultos. Está empezando el deshielo que marca el final del invierno, y es la casa donde yo nací. Pensaba que estaba vacía, pero mi ex mujer —que era para mí como una buena madre— se me aparece desde la habitación trasera, que se está inundando. Me da la bienvenida, está contenta de verme y me siento feliz.

L estaba saliendo de su aislamiento de los demás y de partes de sí mismo. El sueño hablaba de su «deshielo» emocional y de una presencia materna en la casa donde pasó su primera infancia. No estaba vacía después de todo. Siguió teniendo sueños similares en los que recordaba partes de su pasado, la sensación de sí mismo y de haber tenido una madre.

Un día mencionó un poema sobre una madre india hambrienta que da a su hijo su último trozo de pan antes de morir. No entendía por qué aquel poema le conmovía tanto. Entonces se quedó callado un momento y a continuación rompió en fuertes sollozos: «¡Mi mamá sacrificó su vida por mí!». Siguió llorando en silencio, temblando en grandes sacudidas y a continuación gritó: «¡Quiero a mi mamá!»

L, por lo general nada propenso a los ataques de histeria, estaba ahora experimentando todo el dolor que hasta entonces sus mecanismos de defensa habían mantenido alejado, estaba viviendo una regresión, desenmascarando viejas redes de recuerdos, incluso de maneras de hablar. Pero, una vez más, a esto siguió una reorganización psicológica a un nivel superior.

Después de reconocer cuánto echaba de menos a su madre, fue a visitar la tumba de ésta por primera vez. Era como si una parte de su mente se hubiera aferrado a la idea mágica de que seguía con vida. Ahora en cambio era capaz de admitir, en lo más profundo de su ser, que había muerto.

Al año siguiente L se enamoró de verdad por primera vez en su vida adulta. También se volvió posesivo y experimentó lo que son los celos por primera vez en su vida. Ahora entendía por qué las mujeres que había conocido se habían sentido furiosas ante su dis-

tanciamiento y su falta de compromiso, y se sentía triste y culpable. También tenía la sensación de que había descubierto una parte de sí mismo que había estado vinculada a su madre, y que se había perdido al morir ésta. Encontrar esa parte de sí mismo que una vez había amado a una mujer le permitió enamorarse de nuevo. Fue entonces cuando tuvo el siguiente sueño:

> Vi a mi madre tocando el piano, después levantarse para ir a buscar a alguien y, al volver, está dentro de un ataúd.

Conforme empezó a asociar ideas al sueño, le sorprendió una imagen de sí mismo mientras alguien le levantaba para que viera a su madre en el ataúd, extendiendo los brazos hacia ella y sintiéndose abrumado al darse cuenta con horror que ésta no respondía. Dejó escapar un fuerte gemido y, abrumado por un dolor primitivo, su cuerpo se convulsionó durante diez minutos. Cuando por fin se tranquilizó dijo: «Creo que he recordado el velatorio de mi madre, que se hizo con el ataúd abierto».

L empezaba a sentirse mejor y distinto. Tenía una relación estable con una mujer, su relación con sus hijos se había vuelto más profunda y ya no se comportaba de manera distante. En su última sesión me dijo que había hablado con uno de sus hermanos mayores, quien le confirmó que durante el funeral de su madre el ataúd había estado abierto y que él había estado presente. Cuando nos despedimos L estaba triste de manera consciente pero no deprimido ni paralizado ante la inminente separación. Desde que terminó su psicoanálisis han pasado 10 años, sigue sin sufrir depresiones y afirma que el psicoanálisis «cambió mi vida y me permitió tomar el control de ella».

A muchos de nosotros, debido a que no recordamos nada de nuestra infancia, nos puede costar trabajo creer que un adulto pueda tener recuerdos tan tempranos como los de L. Esta duda estuvo durante un tiempo tan extendida que no se hacía investigación alguna sobre el asunto. Sin embargo nuevos estudios demuestran que los niños pueden, durante los dos primeros años de vida, almacenar datos y hechos, incluidos los de tipo traumático. Aunque el sistema de memoria explícita no es fuerte en los primeros años de vida, investigaciones realizadas por Carlyn Rovee-Collier y otros demuestran que existe, incluso en niños en fase preverbal, que

son capaces de acordarse de cosas ocurridas en los primeros años de su vida si se les recuerdan. Niños más mayores pueden recordar acontecimientos sucedidos antes de que aprendieran a hablar y, una vez que lo hacen, son capaces de expresarlos con palabras. Esto era lo que en ocasiones hacía L, verbalizando por primera vez experiencias vividas. Otras desbloqueaba cosas que habían estado en su memoria explícita todo el tiempo, tales como el pensamiento *Mi madre sacrificó su vida por mí* o su recuerdo de estar presente en su velatorio, que su hermano le confirmó. En otras ocasiones lo que hacía era «retranscribir» experiencias de su memoria procedimental a su memoria explícita. Resulta interesante que su sueño recurrente pareciera registrar el hecho de que tenía un serio problema con su memoria —siempre estaba buscando algo pero no sabía qué— aunque siempre tenía la sensación de que lo reconocería si lo encontraba.

¿Por qué son tan importantes los sueños en el psicoanálisis y cuál es su relación con los cambios plásticos? Los pacientes a menudo tienen pesadillas recurrentes relacionadas con sus traumas y se despiertan aterrorizados. Mientras continúen estando enfermos sus sueños seguirán el mismo esquema básico. La red neuronal que representa el trauma —como el sueño de L de que se le había perdido algo— se reactiva de forma persistente pero no es retranscrito. Si el paciente mejora las pesadillas se vuelven menos aterradoras, hasta que llega un momento en que sueña algo del tipo *Al principio creo que la experiencia traumática vuelve pero no es cierto; ya se ha terminado y he sobrevivido a ella.* Este tipo de sueño seriado muestra los cambios graduales que se están produciendo en la mente y en el cerebro, conforme el paciente se siente a salvo. Para que esto suceda las redes neuronales deben desaprender ciertas asociaciones —tal y como L desaprendió su asociación entre separación y muerte— y deben cambiar las conexiones sinápticas de forma que haya espacio para el nuevo aprendizaje.

¿Existen pruebas físicas de que los sueños ilustran el cambio plástico que se produce en nuestro cerebro, alterando y sacando a la luz recuerdos emocionalmente significativos que habían permanecido enterrados, como en el caso de L? Los escáneres cerebrales más modernos muestran que cuando soñamos, la parte del cerebro que procesa las emociones y nuestros instintos sexuales,

violentos y de supervivencia, está bastante activa. Al mismo tiempo, la corteza prefrontal, responsable de inhibir nuestras emociones e instintos, registra menos actividad. Con los instintos activados y las inhibiciones reducidas, el cerebro que sueña puede poner de manifiesto impulsos que normalmente la conciencia se encarga de bloquear.

Numerosos estudios muestran que el sueño nos ayuda a consolidar el aprendizaje y la memoria y ayuda a que se haga efectivo el cambio plástico. Cuando aprendemos una destreza durante el día, la haremos mejor al siguiente, después de haber dormido un sueño reparador. La idea de «consúltalo con al almohada» a menudo tiene mucho sentido.

Un equipo dirigido por Marcos Frank también ha demostrado que el sueño aumenta la neuroplasticidad durante el periodo crítico. Recordemos que Hubel y Wiesel taparon el ojo a un gatito durante su periodo crítico y demostraron que el mapa cerebral del ojo tapado era invadido por el del bueno, un ejemplo más de úsalo o lo perderás. El equipo de Frank realizó el mismo experimento con dos grupos de gatitos; a los del primero los privaron de sueño y a los del segundo los dejaron dormir cuanto quisieran. Encontraron que cuanto más dormían los gatitos mayores eran los cambios plásticos en sus cerebros.

El estado se sueño también favorece el cambio plástico. El sueño se divide en dos fases y los sueños suelen producirse en la primera de las mismas, llamada fase REM o de movimientos oculares rápidos. En los niños esta fase dura mucho más que en los adultos, por ello en la infancia es cuando más cambios plásticos se producen. De hecho la fase REM es necesaria para el desarrollo plástico del cerebro durante la infancia. Un equipo dirigido por Gerald Marks realizó un estudio similar al de Frank sobre los efectos del sueño REM en gatitos y en la estructura mental de los mismos y descubrió que en aquellos que no experimentaban la fase REM del sueño las neuronas de la corteza visual eran más pequeñas, así que esta fase parece necesaria para un desarrollo neuronal adecuado. También se ha demostrado su importancia a la hora de incrementar nuestra capacidad para retener recuerdos emocionales y para permitir que el hipocampo convierta recuerdos a corto plazo de cosas ocurridas durante el día en recuerdos a largo plazo (es decir, que ayuda a que los recuerdos se vuelvan permanentes conduciendo así al cambio estructural del cerebro).

Cada día durante nuestras sesiones L trabajaba sobre sus conflictos centrales, sus recuerdos y sus traumas y por la noche sus sueños evidenciaban no sólo emociones hasta el momento enterradas sino también que su cerebro estaba reforzando el aprendizaje y el desaprendizaje que estaba llevando a cabo.

Entendemos por qué L al comienzo de su terapia no tenía recuerdos conscientes de sus primeros años de vida: se trataban en su mayoría de recuerdos procedimentales, es decir, secuencias automáticas de interacciones emocionales, y los escasos recuerdos explícitos que tenía eran tan dolorosos que los reprimía. Gracias al tratamiento pudo acceder a los recuerdos tanto procedimentales como explícitos de sus cuatro primeros años. Pero ¿por qué era incapaz de evocar sus recuerdos de adolescente? Una posibilidad es que los hubiera reprimido, ya que cuando reprimimos un recuerdo, como la pérdida de un ser querido, reprimimos también otros relacionados con él, para así bloquear el acceso a éste.

Pero hay otra posible causa. Hace poco se ha descubierto que las experiencias traumáticas de la infancia provocan cambios plásticos a gran escala en el hipocampo, haciéndolo encogerse de manera que impida la formación de nuevos recuerdos explícitos a largo plazo. Animales separados de sus madres gimen con desesperación, a continuación entran en un estado de «desconexión» —como les ocurría a los niños en el estudio de Spitz— y liberan una hormona del estrés llamada «glucocorticoide». Esta hormona mata a las células del hipocampo impidiéndole establecer conexiones sinápticas en las redes neuronales que hacen posible la memoria explícita a largo plazo. Estas fases de estrés predisponen a los animales privados de sus madres a enfermedades relacionadas con el estrés el resto de sus vidas. Cuando viven separaciones largas el gen que inicia la producción de glucocorticoides se activa y permanece así durante largos periodos de tiempo. Todo apunta a que los traumas infantiles conducen a una hipersensibilización —una alteración plástica— de las neuronas cerebrales que regulan los glucocorticoides. Estudios recientes con seres humanos demuestran que adultos que sufrieron abusos durante la infancia muestran signos de hipersensibilidad glucocorticoide que se prolongan hasta la edad adulta.

Que el hipocampo se encoge supone un importante descubrimiento en el terreno de la neuroplástica, y puede ayudar a ex-

plicar por qué L conservaba tan pocos recuerdos explícitos de su adolescencia. La depresión, el estrés y los traumas infantiles liberan glucocorticoides y matan las células del hipocampo y provocan pérdida de memoria. Cuanto más tiempo está deprimida la persona, más se reduce su hipocampo. De hecho, el hipocampo de adultos con depresión que vivieron experiencias traumáticas en la época previa a la pubertad es un 18 por ciento menor que en los que las vivieron durante la infancia. Es un inconveniente del cerebro plástico: literalmente perdemos superficie cortical en respuesta a la enfermedad.

Si el estrés dura poco la disminución del tamaño es temporal. Si por el contrario es prolongado los daños son permanentes. Conforme las personas se recuperan de una depresión sus recuerdos vuelven y los estudios sugieren que sus hipocampos pueden recuperar su tamaño original. De hecho, el hipocampo es una de las dos áreas cerebrales en las que las neuronas se crean a partir de nuestras propias células. Si L tenía dañado su hipocampo, entonces éste se había recuperado a partir de los 20 años, cuando empezó otra vez a formar recuerdos explícitos.

La medicación contra la depresión aumenta el número de células madre que se convierten en nuevas neuronas en el hipocampo. Ratas a las que se administró Prozac durante tres semanas experimentaron un incremento del 70 por ciento en el número de células de su hipocampo. Por lo general, en los humanos se precisan de tres a seis semanas de tratamiento para que ocurra lo mismo, tal vez porque es el mismo tiempo que tarda el hipocampo de un recién nacido en madurar, extender sus proyecciones y conectarse con otras neuronas. Así que, sin saberlo, puede que hayamos estado ayudando a personas a vencer su depresión empleando medicamentos que favorecen el cambio plástico. Puesto que las personas que mejoran con la psicoterapia descubren que su memoria también mejora, puede ser que el psicoanálisis también estimule el crecimiento neuronal de sus hipocampos.

Los muchos cambios experimentados por L bien podrían haber sorprendido a Freud, debido a lo avanzado de su edad. Freud empleaba el término «neuroplasticidad» para describir la capacidad que tienen las personas de cambiar y reconocía que dicha capacidad variaba de unas personas a otras. También observó que en muchas personas de edad avanzada se daba una «ausencia de

plasticidad», lo que las hacía «fijas, rígidas e inmutables». Atribuía esto a la «fuerza de la costumbre» y escribió: «Hay algunas personas, sin embargo, que conservan esta plasticidad mental más allá del límite de edad más común, y otras que la pierden de forma prematura». Estas personas, observó, tienen grandes dificultades para librarse de sus neurosis durante el tratamiento psicoanalítico. Pueden activar transferencias, pero les cuesta cambiarlas. L tuvo sin duda una estructura de personalidad fija durante más de 50 años. ¿Cómo pudo entonces ser capaz de cambiarla?

La respuesta es parte de una larga adivinanza que yo llamo la «paradoja plástica» y que considero que es una de las lecciones más importantes de este libro. Consiste en que las mismas propiedades neuroplásticas que nos permiten cambiar nuestro cerebro y tener conductas menos rígidas también nos permiten hacer lo contrario. Todos nacemos con potencial plástico. Algunos de nosotros nos convertimos en niños flexibles y moldeables y conservamos estas cualidades toda nuestra vida. En otros en cambio la espontaneidad, la creatividad y la impredecibilidad de la infancia desaparecen y son reemplazados por una existencia rutinaria en la que repetimos una y otra vez las mismas conductas hasta que nos convertimos en unas rígidas caricaturas de nosotros mismos. Cualquier cosa que implique repetición —nuestro trabajo, actividades culturales, destrezas y neurosis— puede conducir a la rigidez. De hecho, tener un cerebro neuroplástico nos permite desarrollar estas conductas rígidas. Como ilustra la metáfora de Pascual-Leone, la neuroplasticidad es como la nieve de una ladera. Cuando bajamos por ella en trineo podemos ser flexibles, porque cada vez podemos tomar un camino diferente. Pero si siempre eligiéramos el mismo empezarían a formarse senderos en la nieve y pronto sólo tomaremos una misma ruta, rígida, de la misma forma que los circuitos neuronales, una vez establecidos, tienden a volverse *autosuficientes*. Debido a que nuestra neuroplasticidad puede favorecer tanto la flexibilidad mental como la rigidez, tendemos a infravalorar nuestro potencial para la flexibilidad, que la mayoría de nosotros experimenta sólo en forma de flashes.

Freud tenía razón cuando decía que la ausencia de plasticidad parecía relacionada con la fuerza de la costumbre. Las neuronas son propensas a atrincherarse si se limitan a repetir patrones de conducta de los que no somos conscientes, provocando que resulte muy difícil interrumpirlas y redirigirlas sin recurrir a técnicas

especiales. Una vez L fue capaz de comprender las causas de su comportamiento defensivo, así como la visión que tenía de sí mismo y del mundo, pudo hacer uso de su plasticidad innata, pese a su edad.

Cuando L empezó sus sesiones su madre era para él una presencia fantasmal, viva y muerta al mismo tiempo. Alguien a quien era fiel pero de cuya existencia nunca estaba seguro. Al aceptar que estaba muerta dejó de percibirla como un fantasma y tuvo por primera vez la sensación de que tenía una madre de verdad, una buena persona que le había querido mientras vivió. Sólo después de transformar este fantasma en una madre afectuosa L fue capaz de mantener una relación íntima con una mujer.

El psicoanálisis se ocupa a menudo de recuperar a nuestros fantasmas y transformarlos en personas de carne y hueso, incluso para pacientes que no han vivido la muerte de personas queridas. A menudo vivimos afectados por relaciones pasadas que siguen presentes en nuestro inconsciente y, una vez las revivimos y verbalizamos pasan a ser una parte más de nuestro pasado. Podemos transformar nuestros fantasmas porque podemos transformar nuestros recuerdos implícitos —de los que a menudo no somos conscientes hasta que los evocamos, y entonces parecen «salidos de ninguna parte»— en recuerdos declarativos que ahora podemos situar en un contexto claro, lo que nos hace más fácil recordarlos y vivirlos como parte del pasado.

Hoy H M, el caso más famoso de la historia de la neuropsicología, sigue vivo. Tiene más de 70 años pero su mente sigue anclada en la década de 1940, justo antes de que le fueran extirpados sus dos hipocampos, las puertas de acceso por las que deben pasar los recuerdos para ser conservados y para que se produzca el cambio plástico a largo plazo. Incapaz de convertir recuerdos a corto plazo en otros a largo plazo, la estructura de su cerebro y de su memoria, y las imágenes mentales y físicas de sí mismo se encuentran congeladas en el momento antes de ser operado. Por desgracia es incapaz hasta de reconocerse a así mismo en el espejo. Eric Kandel, nacido por esas mismas fechas, continúa con sus investigaciones sobre el hipocampo y la plasticidad de la memoria centrándose en las alteraciones de las moléculas individuales. Se ha enfrentado a sus dolorosos recuerdos de la década de 1930 en un libro autobiográfico titulado *En busca de la memoria: una nueva ciencia de la*

mente, L también tiene más de 70 años, pero ya no vive atrapado emocionalmente en la década de 1930, ya que fue capaz de recuperar acontecimientos ocurridos en su vida casi 60 años antes, re transcribirlos y, con ello, reorganizar su cerebro plástico.

X

Rejuvenecer

El descubrimiento de la célula madre neuronal y lecciones sobre cómo conservar un cerebro joven

A sus 90 años el doctor Stanley Karansky se niega a aceptar que debe reducir su ritmo de vida por el hecho de ser anciano. Tiene 19 descendientes: cinco hijos, ocho nietos y seis bisnietos. Su mujer murió de cáncer en 1995, a la edad de 55, y ahora él vive en California con su segunda esposa, Helen.

Nacido en Nueva York en 1916, Karansky estudió en la Facultad de Medicina de la Universidad de Duke, empezó su residencia en 1942 y durante la Segunda Guerra Mundial trabajó como técnico de primeros auxilios en el desembarco de Normandía. Sirvió como oficial médico en la infantería en Europa durante casi cuatro años y a continuación fue destinado a Hawai, donde terminó fijando su residencia. Ejerció de anestesista hasta que se retiró a los 70 años. Pero la vida de jubilado no le gustaba, así que se recicló como médico de familia y abrió una pequeña consulta en la que trabajó 10 años más, hasta que cumplió los 80.

Hablé con él brevemente después de que hubiera terminado una sesión de los ejercicios diseñados por Merzenich en Posit Science. El doctor Karansky no había apreciado deterioro cognitivo, aunque añadió: «Mi caligrafía, aunque buena, no era tan buena como antes». Lo que buscaba era mantener su cerebro en forma.

Empezó el programa de memoria auditiva en agosto de 2005 insertando un disco en su ordenador y encontró que los ejercicios eran «complejos y entretenidos». En ellos tenía que determinar si

los sonidos que oía subían o bajaba de frecuencia, o identificar el orden en el que había oído ciertas sílabas, relacionar sonidos similares y escuchar historias y contestar preguntas sobre ellas, todos diseñados para agudizar los mapas cerebrales y estimular los mecanismos que regulan la plasticidad cerebral. Trabajaba en los ejercicios durante una hora y cuarto, tres días a la semana, durante tres meses.

«Las primeras semanas no noté nada especial. Pero en la séptima me di cuenta de que estaba más alerta que antes. Y sabía por el programa, por cómo progresaba en el mismo, que cada vez contestaba mejor las preguntas, así que en general me sentía mucho mejor. Mi atención al conducir tanto de día como de noche también mejoró. Empecé a hablar más con la gente y mi conversación era más fluida. En estas últimas semanas creo que mi caligrafía también ha mejorado, mi firma se parece a la que hacía hace 20 años. Mi mujer, Helen, me ha dicho: "Te encuentro más alerta, más activo, con mayor capacidad de reacción". Tiene la intención de esperar unos meses y después repetir los ejercicios para mantenerse en forma. Aunque éstos están diseñados para la memoria auditiva, él está obteniendo de ellos beneficios más generales, como les ocurría a los niños que siguieron *Fast ForWord*, porque está estimulando no sólo la memoria auditiva sino también los centros mentales que regulan la plasticidad.

También hace ejercicio físico. «Mi mujer y yo hacemos tonificación muscular con aparatos seguida de 35 minutos de bicicleta estática tres días a la semana».

El doctor Karansky se describe a sí mismo como un autodidacta vocacional. Lee tratados de matemáticas y le encantan los crucigramas, los juegos de acrósticos y los sudokus. «Me gusta leer historia», me cuenta. «Suelo interesarme en un periodo concreto por la razón que sea y me dedico a estudiarlo por un tiempo hasta que considero que he aprendido lo suficiente sobre él como para pasar a otro». Esto, que algunos considerarían diletantismo, es en realidad una manera de mantenerse continuamente expuesto a nuevos temas, lo que impide que su sistema regulador de dopamina y plasticidad se atrofie.

Cada interés nuevo se convierte en una pasión absorbente. «Hace cinco años empecé a interesarme en la astronomía y me convertí en astrónomo aficionado. Me compré un telescopio, porque entonces vivíamos en Arizona y allí las condiciones naturales son

excelentes». También colecciona piedras y ha pasado mucho tiempo en canteras, buscando piezas para su colección.

—¿Hay tradición de longevidad en su familia? —le pregunto.

—No —me contesta—. Mi madre murió antes de cumplir los 50 y mi padre con más de 60. De hipertensión.

—¿Y qué tal su salud?

—Bueno, una vez me morí —dice riendo—. Perdóneme, me encanta desconcertar a la gente. Antes me gustaba correr maratones y en 1982, cuando tenía 65 años, sufrí un episodio de «fibrilación ventricular» —una arritmia del corazón que a menudo resulta mortal— mientras entrenaba en Honolulú, y me caí literalmente muerto en la acera. El hombre con el que corría fue lo suficientemente rápido en reaccionar y me practicó respiración cardiopulmonar, y otros corredores llamaron a los paramédicos del servicio de bomberos, que me atendieron, me estabilizaron el ritmo sinusal y me trasladaron al hospital Strub. En las semanas siguientes le hicieron un bypass, siguió un programa de rehabilitación y se recuperó enseguida. «Después de aquello no volví a participar en carreras, pero seguí corriendo 40 kilómetros a la semana a un ritmo menor». Después, en 2000, tuvo otro ataque al corazón, a la edad de 83 años.

Es sociable, pero no le gustan las reuniones de mucha gente. «No me gusta ir a cócteles, donde la gente se encuentra y charla, eso no. Prefiero sentarme con otra persona, con dos o tres como máximo y conversar en profundidad sobre un tema de interés común».

Dice que su mujer y él no son grandes viajeros, aunque eso es algo discutible. Cuando tenía 81 años estudió algo de ruso y después se embarcó en un viaje científico a la Antártida en un barco de dicha nacionalidad.

—¿Por qué quiso conocer la Antártida? —le pregunté.

—Porque estaba ahí.

En los últimos años había visitado Yucatán, Inglaterra, Francia, Suiza e Italia. Ha pasado seis semanas en Suramérica, visitado a una hija que vive en los Emiratos Árabes y viajado a Omán, Australia, Nueva Zelanda, Tailandia y Hong Kong.

Siempre está buscando cosas nuevas que hacer y una vez algo atrapa su interés le dedica toda su atención, algo necesario para que se produzca el cambio plástico. Me dice: «Siempre estoy dispuesto a concentrarme intensamente en aquello que me interesa en un momento determinado. Después, una vez que considero que

domino la materia, ésta deja de interesarme tanto, así que empiezo a buscar algo distinto que atraiga mi atención».

Su actitud filosófica también protege su cerebro, porque no se estresa por cosas sin importancia, algo muy importante, porque el estrés libera glucocorticoides, que pueden matar las células del hipocampo.

—Le encuentro menos nervioso que a la mayoría de la gente —le digo.

—He comprobado que resulta muy beneficioso.

—¿Es usted optimista?

—En realidad no mucho, pero creo que entiendo bien cómo funciona el azar. Suceden muchas cosas que pueden afectarme y que están fuera de mi control. No puedo controlarlas, pero sé cómo debo reaccionar ante ellas. He malgastado tiempo preocupándome por cosas que no puedo controlar así que he adoptado una filosofía que me permite afrontarlas.

A principios del siglo XX el neuroanatomista más importante del mundo, el premio nobel Santiago Ramón y Cajal, quien sentó los cimientos para la comprensión de la estructura de las neuronas, se dedicó a estudiar uno de los problemas más desconcertantes de la anatomía del cerebro humano. A diferencia del cerebro de animales más simples, como los lagartos, el cerebro humano parecía incapaz de regenerarse solo después de una lesión. Esta deficiencia no se da en todos los órganos humanos. Nuestra piel, cuando se corta, puede curarse produciendo nuevas células; un hueso fracturado se puede soldar; el hígado y el intestino pueden regenerarse; la sangre perdida puede recuperarse porque nuestra médula tiene la capacidad de transformarse en glóbulos rojos y blancos. Pero nuestro cerebro parecía ser la excepción a la regla. Se sabía que conforme envejecemos mueren millones de neuronas y, mientras que otros órganos producen tejido nuevo a partir de células madre, no se había encontrado ninguna de éstas en el cerebro. La principal explicación para esta ausencia era que el cerebro humano, conforme evolucionaba, se había visto obligado a volverse tan complejo y tan especializado que había perdido el poder de regenerarse. Además, los científicos se preguntaban cómo podía una neurona integrarse en una compleja red neuronal existente y crear miles de conexiones sinápticas sin sembrar el caos. Así pues se suponía que el cerebro humano era un sistema cerrado.

Ramón y Cajal dedicó sus últimos años como investigador a buscar indicios de que el cerebro o la médula espinal eran capaces de cambiar, regenerarse o reorganizar su estructura. No lo consiguió.

En su obra maestra publicada en 1913, *Estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso* Cajal escribió: «En el centro del [cerebro] adulto las vías nerviosas son algo fijo, terminado, inmutable. Todo puede morir, nada puede regenerarse. Corresponde a la ciencia del futuro cambiar, si es posible, este cruel decreto».

Así estaban las cosas.

Estoy sentado al microscopio en uno de los laboratorios más avanzados que jamás he visitado, los Salk Laboratories en La Jolla, California, observando células madre neuronales humanas en el laboratorio de Frederick «Rusty» Gage. Él y el sueco Peter Eriksonn descubrieron estas células en 1998, en el hipocampo.

Las células madre neuronales que veo vibran con vida. Se llaman así porque son capaces de dividirse y diferenciarse para convertirse en neuronas o células gliales, encargadas de «sostener» las neuronas del cerebro. Las que estoy viendo aún tienen que diferenciarse y convertirse en neuronas o en glía, y «especializarse», de forma que ahora mismo son idénticas. Y sin embargo, aunque impersonales, contienen la semilla de la inmortalidad. Porque las células gliales no necesitan especializarse, sino que pueden seguir dividiéndose y produciendo réplicas exactas de sí mismas de forma infinita y sin dar señal alguna de estar envejeciendo. Este proceso de rejuvenecimiento es conocido como «neurogénesis» y se mantiene hasta nuestra muerte.

Las células madre neuronales fueron ignoradas durante mucho tiempo, en parte porque iban en contra de la teoría de que el cerebro era como una máquina compleja o un ordenador, y las máquinas son incapaces de regenerarse. Cuando en 1965 Joseph Altman y Gopal D. Das del Massachussetts Institute of Technology afirmaron haberlas descubierto en ratas fueron recibidos con escepticismo.

Fue entonces, en la década de 1980, cuando Fernando Nottebohm, ornitólogo, empezó a estudiar por qué los pájaros cam-

bian de canción al inicio de cada estación. Examinó sus cerebros y descubrió que cada año, durante la estación en la que los pájaros cantan más, el área de su cerebro responsable de aprender las melodías producía nuevas células. Inspirados por el hallazgo de Nottebohm, los científicos empezaron a examinar animales más parecidos a los seres humanos. Elizabeth Gould, de la Universidad de Princeton, fue la primera en descubrir células madre neuronales en primates. A continuación, Eriksson y Gage encontraron una forma ingeniosa de marcar células cerebrales con bromodeoixiuridina (BrdU), un marcador que, inyectado en las neuronas justo después de su formación, se ilumina bajo el microscopio. Eriksson y Gage solicitaron autorización a pacientes terminales para inyectarles esta sustancia. Cuando los pacientes morían examinaban su cerebro y encontraron nuevas neuronas recién creadas en su hipocampo. Así aprendimos que las neuronas siguen regenerándose hasta que morimos.

La búsqueda de células madre neuronales en otras partes del cerebro humano continúa. Hasta el momento sólo se han encontrado activas en el bulbo olfativo (encargado de procesar el olor) e inactivas en el septo (que procesa las emociones), el estriado (que procesa el movimiento) y en la médula espinal. Gage y otros están trabajando en tratamientos capaces de activar células «dormidas» mediante medicación, algo que podía ser de gran utilidad en caso de que el área donde se encuentran estas células esté lesionada. También intentan descubrir si las células madre pueden trasplantarse a zonas cerebrales dañadas, o incluso inducidas a moverse una vez implantadas.

Con objeto de comprobar si la neurogénesis puede fortalecer la capacidad mental, el equipo de Gage se propone descifrar cómo aumentar la producción de células madre neuronales. El colega de Gage, Gerd Kellerman, crió ratones de edad avanzada en entornos enriquecidos, llenos de juguetes para ratones como pelotas, tubos y ruedas, durante sólo 45 días. Cuando a continuación sacrificó a los ratones y examinó sus cerebros descubrió un incremento del 15 por ciento en el volumen de su hipocampo y 40.000 nuevas neuronas, un aumento del 15 por ciento en comparación con el de los ratones criados en jaulas normales.

Los ratones viven alrededor de dos años. Cuando el equipo de Kellerman colocó a ratones en su segundo año de vida du-

rante 10 meses en entornos enriquecidos observó que el número de neuronas de su hipocampo se multiplicaba por cinco. Estos ratones respondían mejor a los tests de aprendizaje, exploración, movimiento y otros diseñados para medir su inteligencia que los que vivían en jaulas tradicionales. Habían desarrollado nuevas neuronas, aunque no con tanta rapidez como los ratones jóvenes, probando que el enriquecimiento prolongado contribuía enormemente a favorecer la neurogénesis en un cerebro de edad avanzada.

A continuación el equipo estudió qué actividades causaban incremento en las células cerebrales de los ratones, y encontró que existen dos maneras de que esto ocurra: creando nuevas neuronas y alargando la vida de las existentes.

La colega de Gage, Henriette van Praag, demostró que la manera más efectiva de aumentar la proliferación de *nuevas* neuronas era la rueda. Después de un mes de usarla, los ratones habían duplicado el número de las neuronas de su hipocampo. Los ratones en realidad no corren sobre la rueda, tal y como Gage me explicó; dan esa impresión porque la rueda ofrece muy poca resistencia. Así que, en realidad, lo que hacen es caminar rápidamente.

La teoría de Gage es que en un entorno natural, un ratón que camina a gran velocidad podría desplazarse hasta un entorno diferente que requeriría nuevos aprendizajes, desencadenando lo que él llama «proliferación anticipatoria». «Si viviéramos siempre en la misma habitación», me dijo, «y ésa fuera toda nuestra experiencia vital, no necesitaríamos neurogénesis. Conoceríamos nuestro entorno a la perfección y podríamos desenvolvernos en él sin problemas». Esta teoría, según la cual los entornos nuevos pueden desencadenar la neurogénesis, se compadece con el hallazgo de Merzenich de que para mantener nuestro cerebro en forma debemos aprender algo nuevo en lugar de limitarnos a practicar destrezas aprendidas.

Pero, como hemos dicho, hay otra forma de incrementar el número de neuronas en el hipocampo: prolongando la vida de las que ya están en él. Estudiando a los ratones el equipo descubrió que al aprender a usar todos los juguetes, las pelotas y los tubos, los animales no desarrollaban nuevas neuronas, pero las que tenían vivían más tiempo. Elizabeth Gould también encontró que el aprendizaje, aunque sea en un entorno no enriquecido, favorece la supervivencia de las células madre. Por tanto el ejercicio físico y el apren-

dizaje son complementarios: el primero crea nuevas células y el segundo prolonga la vida de las existentes.

Aunque el descubrimiento de las células madre neuronales marcó un hito, sólo es una de las formas en las que el cerebro que envejece puede rejuvenecer y mejorar. Paradójicamente, en ocasiones la pérdida de neuronas puede mejorar las funciones cerebrales, como sucede con la «poda» a gran escala que se produce durante la adolescencia, cuando las conexiones sinápticas y las neuronas que no se han usado mucho mueren en el que es, posiblemente, el ejemplo más drástico de la ley de úsalo o lo perderás. Mantener neuronas que no se usan con riego sanguíneo, oxígeno y energía es una pérdida de tiempo y deshacerse de ellas ayuda al cerebro a mantenerse centrado y ser más eficiente.

El hecho de que conservemos algo de neurogénesis en la vejez no quiere decir que nuestro cerebro, al igual que el resto de los órganos, no se deteriore. Pero incluso en pleno deterioro el cerebro experimenta reorganización a gran escala, puede ser que para compensar sus pérdidas. Las investigadoras Melanie Springer y Cheryl Grady de la Universidad de Toronto han demostrado que conforme envejecemos tendemos a realizar actividades cognitivas en otros lóbulos del cerebro distintos a los que usábamos cuando éramos jóvenes. Cuando sus sujetos de estudio de edades comprendidas entre los 30 y los 40 realizaron una serie de tests cognitivos los escáneres cerebrales mostraron que empleaban sobre todo los lóbulos temporales, situados a ambos lados de la cabeza y que, cuanto mayor era la educación recibida, más los usaban.

Sujetos de más de 65 años, en cambio, mostraban un patrón diferente. Sus escáneres revelaron que realizaban las mismas tareas cognitivas usando sobre todo los lóbulos frontales y, de nuevo, cuanto mayor era su educación, mayor era el uso.

Este cambio es otro signo de plasticidad; de hecho, pasar de procesar tareas de un área del cerebro a otra, es la función más amplia que existe. Nadie sabe con seguridad por qué se produce este cambio o por qué hay tantos estudios que demuestran que gente con más estudios parece mejor protegida frente al deterioro cerebral. La teoría más popular es que los años de educación crean una «reserva cognitiva» —más redes neuronales dedicadas a actividad mental— a la que recurrimos cuando empieza el deterioro.

Cuando envejecemos se produce otra gran reorganización cerebral. Como hemos visto, muchas actividades del cerebro son «lateralizadas». El habla es en gran medida una función del hemisferio izquierdo, mientras que el procesamiento visual y espacial se produce en el derecho. Pero investigaciones recientes llevadas a cabo en la Universidad de Duke por Roberto Cabeza y otros demuestran que parte de esta lateralización se pierde cuando envejecemos. Actividades prefrontales que tenían lugar en un hemisferio ahora se reparten entre los dos. Aunque no sabemos con seguridad por qué ocurre esto, una teoría es que con la edad uno de nuestros hemisferios se vuelve menos activo y el otro lo compensa, lo que sugiere que el cerebro se reestructura en respuesta a nuestras deficiencias.

Ahora sabemos que el ejercicio físico y la actividad mental en animales generan y mantienen activas más células cerebrales, y tenemos estudios que confirman que los humanos que llevan vidas mentalmente activas tienen funciones cerebrales mejores. Cuanto mayor es nuestra educación, más activos somos física y socialmente, y cuánto más participemos en actividades que estimulan el cerebro, menores serán nuestras posibilidades de contraer Alzheimer o demencia senil.

Pero no todas las actividades son iguales en este sentido. Aquellas que requieren verdadera concentración —aprender un instrumento, juegos de tablero, leer y bailar— están asociadas a un riesgo menor de demencia senil. Bailar, que requiere aprender nuevos movimientos, plantea un desafío físico y mental y requiere gran concentración. Actividades menos intensas, como jugar a los bolos, hacer de canguro o el golf, no están en cambio asociadas con una incidencia menor de Alzheimer.

Estos estudios son sugerentes, pero están lejos de probar que podemos prevenir el Alzheimer haciendo ejercicios mentales. Dichas actividades están correlacionadas con una incidencia menor de la enfermedad, pero correlación no es lo mismo que causalidad. Es posible que personas con síntomas tempranos aunque no detectables de Alzheimer empiecen a sufrir deterioro mental muy pronto y por tanto dejen de ser activas. Lo máximo que podemos decir acerca de la relación entre el ejercicio mental y el Alzheimer es que, de momento, parece prometedora.

Tal y como demuestran los trabajos de Merzenich, una enfermedad que a menudo se confunde con el Alzheimer y mucho más

común —la pérdida de memoria relacionada con la edad, un deterioro típico que se da en edades avanzadas— sí parece reversible con los ejercicios mentales adecuados. Aunque el doctor Karanslky no se quejaba de un deterioro cognitivo general, sí experimentó algunos «momentos de vejez», que formaban parte de la pérdida de memoria en edad avanzada, y lo beneficioso que le resultaron los ejercicios demostró que padecía otras deficiencias cognitivas de las que ni siquiera era consciente.

En suma, lo que estaba haciendo el doctor Karanslky era lo correcto para combatir la pérdida de memoria propia de la vejez, lo que le convierte en un modelo para todos nosotros.

El ejercicio físico es útil no sólo porque ayuda a crear nuevas neuronas sino porque la mente tiene su base en el cerebro, y éste necesita oxígeno. Caminar, montar en bicicleta o hacer ejercicio cardiovascular fortalecen el corazón y los vasos sanguíneos que riegan el cerebro, y ayudan a las personas que los practican a sentirse más alerta, tal y como señaló el filósofo romano Séneca hace 2.000 años. Investigaciones recientes concluyen que el ejercicio estimula la producción y liberación del factor de crecimiento neuronal BNDF el cual, como vimos en el capítulo III, «Rediseñar el cerebro», desempeña un papel crucial a la hora de hacer efectivos los cambios plásticos. De hecho, todo lo que ayuda a mantener el corazón y los vasos sanguíneos en forma también fortalece el cerebro, incluida una dieta sana. No hace falta ir al gimnasio tres horas al día, bastará con ejercitar los músculos de manera regular. Tal y como descubrieron Praag y Gage, caminar a buen paso basta para estimular el crecimiento neuronal.

El ejercicio estimula nuestras cortezas sensorial y motora y mantiene nuestro sistema cerebral equilibrado. Estas funciones empiezan a declinar conforme nos hacemos mayores, volviéndonos más propensos a caernos y a sufrir fracturas. Nada acelera más la atrofia mental que permanecer inmóviles en un mismo entorno; la monotonía reduce nuestros niveles de dopamina y nuestros sistemas de atención, cruciales para mantener la plasticidad mental. Una actividad física rica desde el punto de vista cognitivo, tal como aprender nuevos bailes, probablemente nos ayudará a prevenir trastornos de equilibrio y tiene el beneficio añadido de ser social, lo que también ayuda a mantener el cerebro sano. El taichi, aunque no se ha estudiado, requiere mucha concentración

en los movimientos y estimula el sistema del equilibrio. También tiene algo de meditación, algo que resulta un remedio muy efectivo contra el estrés y, por tanto, para preservar la memoria y las neuronas del hipocampo.

El doctor Karansky siempre está aprendiendo cosas nuevas, algo esencial para una vejez sana y feliz, según el doctor George Vaillant, un psiquiatra de Harvard que dirige el mayor y más duradero estudio del ciclo de la vida humana, el Harvard Study of Adult Development (Estudio Harvard sobre el desarrollo adulto). Ha estudiado a 824 personas de edades distintas comprendidas entre la adolescencia y la vejez y divididas en tres grupos: licenciados en Harvard, bostonianos pobres y mujeres con alto cociente intelectual. Algunas de ellas, ahora de 80 años, han sido monitorizadas durante más de seis décadas. Vaillant ha llegado a la conclusión de que la vejez no es sólo un proceso de deterioro y declive, como muchos jóvenes piensan. Las personas mayores a menudo desarrollan nuevas destrezas, son más prudentes y mejores en las relaciones sociales que cuando eran jóvenes. Tienen además menor tendencia a la depresión que los jóvenes y no suelen sufrir enfermedades discapacitantes hasta que les llega la que les causará la muerte.

Por supuesto que las actividades mentales que supongan un reto aumentarán las probabilidades de que las neuronas de nuestro hipocampo sobrevivan. Uno de los enfoques posibles es recurrir a ejercicios mentales ya testados, como los desarrollados por Merzenich. Pero la vida es para vivirla, no para hacer ejercicios, así que es preferible que cada persona elija algo que siempre haya querido hacer, porque entonces su motivación será muy alta, algo que resulta crucial. Mary Fasano, a la edad de 89, obtuvo su primera licenciatura en Harvard. David Ben-Gurion, el primer ministro de Israel, aprendió solo griego antiguo siendo ya mayor para poder leer los clásicos en la lengua original. «Podemos pensar ¿Y para qué? ¿A quién pretendo engañar? Estoy al final del camino». Pero esa clase de pensamientos son una profecía que se hace realidad, ya que aceleran el deterioro mental en un cerebro que se rige por el úsalo o lo perderás.

A la edad de 90 años el arquitecto Frank Lloyd Wright diseñó el museo Guggenheim. A los 77 Benjamin Franklin inventó las lentes bifocales. Tras realizar estudios sobre la creatividad, H C Lehman y Dean Keith Simonton encontraron que mientras que la edad comprendida entre los 35 y los 55 suele coincidir con el pe-

riodo de máxima creatividad en casi todos los campos, personas de 60 y 70 años, aunque trabajan a un ritmo menor, son tan productivas como cuando tenían 30.

Cuando el violoncelista Pau Casals tenía 99 años un alumno le pregunto: «Maestro, ¿por qué sigue practicando?». Casals le contestó: «Porque estoy haciendo progresos».

XI

Más que la suma de sus partes

Una mujer nos demuestra hasta qué punto puede ser plástico el cerebro

La mujer que bromea conmigo desde el otro lado de la mesa nació con sólo la mitad del cerebro. Algo le sucedió cuando aún estaba en el útero materno, aunque nadie sabe con seguridad el qué. No fue un derrame, porque éste destruye el tejido cerebral sano, y el hemisferio izquierdo de Michelle Mack nunca llegó a desarrollarse. Sus médicos afirman que tal vez su arteria carótida izquierda, encargada de regar el hemisferio izquierdo, pudo bloquearse cuando Michelle era todavía un feto, evitando que se le formara el hemisferio cerebral izquierdo. Cuando nació los médicos le hicieron las pruebas habituales y le dijeron a su madre, Carol, que era un bebé normal. Incluso hoy a un neurólogo le resultaría difícil saber, sin realizar un escáner cerebral, que le falta un hemisferio completo. No puedo evitar preguntarme cuánta gente más habrá vivido toda su vida sin la mitad del cerebro sin saberlo.

Visito a Michelle para descubrir qué grado de cambio neuroplástico es posible en un ser humano que tiene sólo medio cerebro, pero un localizacionismo doctrinario, que postula que cada hemisferio está estructurado de modo que sólo puede realizar unas funciones determinadas, es puesto en duda si Michelle es capaz de funcionar con sólo uno de ellos. Resulta difícil imaginar un ejemplo mejor de neuroplasticidad humana.

Aunque sólo tiene el hemisferio derecho, Michelle no es ninguna criatura desesperada que lucha por sobrevivir. Tiene 29 años y sus ojos azules me miran con inteligencia detrás de los cristales de sus gafas. Viste pantalones vaqueros, duerme en una habita-

ción con las paredes pintadas de azul y habla con bastante normalidad. Tiene un trabajo a tiempo parcial, lee y disfruta viendo películas y estando con su familia. Es capaz de hacer todo esto porque su hemisferio derecho asumió las funciones del izquierdo, entre ellas la del habla y el lenguaje. Su desarrollo deja claro que la neuroplasticidad no es ningún fenómeno menor; le ha permitido conseguir una reorganización de su cerebro a gran escala.

El hemisferio derecho de Michelle no sólo debe desempeñar las funciones principales del izquierdo, también debe economizar sus «propias» funciones. En un cerebro normal cada hemisferio ayuda a refinar el desarrollo del otro enviando señales eléctricas que le informan de sus actividades, de forma que los dos trabajen de manera coordinada. En el caso de Michelle, el hemisferio derecho tuvo que evolucionar sin recibir información del izquierdo y aprender a vivir y a funcionar por sí mismo.

Michelle tiene una gran facilidad para el cálculo, que emplea a la velocidad del rayo. También tiene necesidades y deficiencias especiales. No le gusta viajar y se pierde con facilidad en entornos extraños. Le cuesta entender ciertas clases de pensamiento abstracto. Pero tiene vida interior, lee, reza y ama. Habla con normalidad, excepto cuando se pone nerviosa y le encantan las comedias de Carol Burnett. Sigue las noticias de actualidad, el baloncesto y vota en las elecciones. Es la prueba viviente de que un todo es más que la suma de sus partes y de que medio cerebro no equivale a media mente.

Hace 140 años Paul Broca abrió la era del localizacionismo al afirmar que: «Hablamos con el hemisferio izquierdo», dando comienzo también a la teoría, relacionada con el localizacionismo, de la «lateralidad», que exploraba la diferencia entre los hemisferios derecho e izquierdo. El izquierdo era considerado el verbal, aquel en el que se procesaban actividades simbólicas como el lenguaje y el cálculo matemático; el derecho albergaba muchas de las funciones «no verbales», incluidas las visuales y espaciales (como cuando interpretamos un mapa o navegamos por el espacio), así como las actividades más «imaginativas» y «artísticas».

La experiencia de Michelle nos recuerda lo poco que sabemos acerca de los aspectos más básicos de las funciones cerebrales. ¿Qué ocurre cuando las funciones de ambos hemisferios deben compe-

tir por el mismo espacio? ¿Qué es lo que deben sacrificar, si es que tienen que sacrificar algo? ¿Cuánto cerebro necesitamos para sobrevivir? ¿Cuánto para desarrollar ingenio, empatía, gusto personal, espiritualidad y sutileza? Si somos capaces de sobrevivir sin la mitad del tejido cerebral, entonces ¿para qué lo necesitamos?

Y, lo que es más importante, ¿cómo se las arregla una persona como Michelle?

Me encuentro en la sala de estar de la casa familiar de Michelle, una residencia de clase media en Falls Church, Virginia, viendo el vídeo de su resonancia magnética que ilustra la anatomía de su cerebro. A la derecha veo las circunvoluciones color gris que indican un hemisferio derecho normal. A la izquierda, con excepción de una península de tejido gris que corresponde a la minúscula cantidad de tejido que se desarrolló en su hemisferio izquierdo, todo es negro. Michelle nunca ha visto el vídeo y se refiere al vacío en su cerebro como «mi quiste». Cuando habla de él se diría que se ha convertido en algo material, en una especie de personaje fantástico en una película de ciencia ficción. Cuando miro a Michelle veo su cara, sus ojos y su sonrisa y no puedo evitar proyectar esa simetría al cerebro que hay detrás. Entonces, cuando miro el escáner, me doy cuenta de que estoy engañado.

El cuerpo de Michelle muestra algunos signos de la ausencia de su hemisferio izquierdo. Su muñeca derecha está algo torcida, aunque puede usarla, a pesar de que casi todas las instrucciones para la parte derecha del cuerpo proceden del hemisferio izquierdo. Es probable que haya desarrollado una delgada hebra de nervios desde el hemisferio derecho a la mano izquierda. Su mano izquierda es normal y Michelle es zurda. Cuando se levanta para caminar, veo que lleva un aparato de ortodoncia en la pierna derecha.

Los localizacionistas demostraron que todo lo que vemos a nuestra derecha —nuestro campo visual derecho— se procesa en el lado izquierdo del cerebro. Michelle no tiene hemisferio izquierdo, así que le cuesta ver cosas que se acercan a ella desde la derecha y no tiene campo visual derecho. Sus hermanos solían robarle las patatas fritas desde este lado, pero ella siempre les pillaba, porque ha compensado su deficiencia visual con un oído superdesarrollado, tanto que es capaz de oír a sus padres hablando en la cocina desde una habitación situada al otro lado de la casa y en el piso de arriba.

Este desarrollo extremo del oído es común en las personas invidentes, otro signo de la capacidad del cerebro para adaptarse a una situación nueva. Pero tiene un coste. En los atascos de tráfico, cada vez que alguien toca la bocina. Michelle tiene que taparse los oídos. En la iglesia sale siempre antes de que empiece a sonar el órgano y cuando estaba en el colegio los ensayos para casos de incendio la asustaban debido al ruido y a la confusión.

También es hipersensible al tacto. Su madre le corta siempre las etiquetas de la ropa para que no la molesten. Es como si el cerebro de Michelle careciera de un filtro para mantener alejado el exceso de sensaciones, de forma que Carol es quien se ocupa de filtrarlas, protegiendo a su hija. Ella es el hemisferio izquierdo de Michelle.

«Sabe», me cuenta Carol, «me dijeron que no podía tener hijos, así que adoptamos dos», los hermanos mayores de Michelle, Bill y Sharon. Como ocurre a menudo en estos casos, pronto Carol supo que estaba embarazada de un niño, Steve, que nació sano. Carol y su marido, Wally, seguían queriendo tener más hijos, pero de nuevo tenían problemas para concebirlos.

Un día Carol sintió lo que le parecieron nauseas matutinas y se hizo un test de embarazo, que le dio negativo. Como no le convenció el resultado se hizo otros, obteniendo con cada uno de ellos resultados de lo más extraños. En este tipo de tests, cuando la tira cambia de color a los dos minutos significa que hay embarazo, pero a Carol le daban todos negativos hasta pasados exactamente dos minutos y diez segundos, en que daban positivo.

Mientras tanto Carol empezó a tener hemorragias leves. Me contó: «Fui a ver al médico tres semanas después de hacerme los tests de embarazo y éste me dijo: "Olvídate de los tests; estás embarazada de tres meses". Entonces no le dimos mayor importancia, pero ahora estoy convencida de que mi cuerpo estaba intentando abortar, debido a las lesiones intrauterinas de Michelle. Pero no lo consiguió».

—¡Gracias a Dios! —añade Michelle.

—Tienes toda la razón —le contesta Carol.

Michelle nació el 9 de noviembre de 1973. Los primeros días de su vida permanecen borrosos en la memoria de Carol. El día que llevó a Michelle a casa desde el hospital su madre, que vivía con ellos, sufrió un derrame y la casa era un caos.

Conforme pasó el tiempo Carol empezó a notar que algo no iba bien. Michelle no ganaba peso, era poco activa y apenas emitía sonidos. Tampoco daba la impresión de seguir objetos con la vista. Así comenzó una serie interminable de visitas a médicos. El primer indicio de que podía haber algún problema llegó cuando Michelle tenía seis meses. Carol, pensando que algo le ocurría a sus ojos, la llevó a un oftalmólogo, quien descubrió que los dos nervios ópticos de Michelle estaban dañados y muy pálidos, aunque no completamente blancos, como les ocurre a los invidentes. Le dijo a Carol que Michelle nunca tendría una visión normal y que unas gafas no le servirían de nada, porque eran sus nervios ópticos y no los cristalinos, los que estaban dañados. Pero más preocupantes todavía eran los indicios de que Michelle tenía un problema cerebral grave que le estaba destruyendo los nervios ópticos.

Más o menos por entonces Carol observó que Michelle no se daba la vuelta y que tenía la mano derecha agarrotada. Los exámenes médicos determinaron que era «hemipléjica», es decir, que tenía la mitad derecha del cuerpo paralizada. Su mano derecha estaba retorcida, como la de alguien que ha sufrido un derrame cerebral en el hemisferio izquierdo. La mayoría de los niños empiezan a gatear alrededor de los 7 meses, pero Michelle se limitaba a sentarse y a agarrar cosas con su brazo bueno.

Aunque resultaba difícil clasificar su enfermedad, su médico decidió que tenía síndrome de Behr, de forma que pudiera recibir medicación y cobertura sanitaria. De hecho, Michelle presentaba algunos síntomas que eran consistentes con dicha dolencia: atrofia óptica y problemas de coordinación de origen neurológico. Pero Carol y Wally sabían que se trataba de un diagnóstico absurdo, porque el síndrome de Behr es un trastorno genético poco común y no existía el menor rastro de él en ninguna de sus familias. Cuando Michelle tenía 3 años la enviaron a un centro para enfermos de parálisis cerebral, aunque ése no era tampoco su diagnóstico.

Cuando Michelle era pequeña acababa de desarrollarse la tomografía axial computarizada o TAC. Este avanzado aparato de diagnóstico por imagen toma numerosas fotografías de cortes axiales del cerebro y las envía a un ordenador. Los huesos aparecen blancos, el tejido cerebral, gris y las cavidades, en negro. A Michelle le hicieron un TAC cuando tenía 6 meses, pero entonces las

pruebas tenían una resolución tan pobre que los médicos no pudieron sacar grandes conclusiones.

Carol estaba desolada ante la idea de que su hija no vería nunca. Pero entonces un día que Wally estaba caminando por la sala de estar mientras Carol daba de comer a Michelle, se dio cuenta de que ésta seguía a su padre con la mirada.

«Me emocioné tanto que tiré los cereales», me cuenta. «Eso significaba que Michelle no era completamente ciega, que tenía algo de visión». Unas semanas más tarde, cuando Carol estaba sentada en el porche con la niña, pasó una motocicleta, y Michelle la siguió con los ojos.

Entonces un día, cuando Michelle tenía 1 año, el brazo derecho, que siempre tenía agarrotado y pegado al costado, se abrió.

A la edad de 2 años empezó a interesarle el lenguaje.

«Cuando llegaba a casa», dice Wally, «me decía: "¡Letras, letras!". La sentaba en mi regazo y ponía los dedos de mis labios para sentir las vibraciones cuando le hablaba. Los médicos le dijeron a Carol que Michelle no sufría desorden de aprendizaje y que todo indicaba que su inteligencia era normal.

Pero a los 2 años aún era incapaz de gatear, así que Wally, que sabía que a Michelle le encantaba la música, le ponía su disco favorito y, cuando la canción se terminaba Michelle gritaba: «¡Otra vez! ¡Otra vez!». Entonces Wally insistía en que debía gatear si quería oír la canción de nuevo. El patrón de aprendizaje de Michelle estaba claro: primero mostraba un retraso en el desarrollo; los médicos aconsejaban a sus padres que se resignaran a él, y entonces Michelle conseguía superarlo. Carol y Wally empezaron a albergar esperanzas.

En 1977, cuando Carol estaba embarazada por tercera vez del hermano de Michelle, Jeff, uno de sus médicos la convenció de que le hiciera una nuevo TAC a Michelle. Le dijo que así tal vez podrían determinar lo que le había ocurrido a la niña y evitar que le ocurriera a su futuro hermano.

Para entonces la resolución de los TAC había mejorado de forma drástica, y cuando Carol vio el de su hija «las imágenes no dejaban lugar a duda: era como el día y la noche; cerebro y falta de cerebro». Se quedó conmocionada. Según me contó: «Si me hubieran enseñado esas imágenes cuando le hicimos el TAC a Michelle a la edad de 6 meses no creo que hubiera podido superarlo». Pero ahora, con 3 años y medio, Michelle ya daba muestras de que

su cerebro es capaz de adaptarse y cambiar, lo que llenaba a Carol de esperanzas.

Michelle sabe que un grupo de investigadores del NIH bajo la dirección del doctor Jordan Grafman la está estudiando. Carol llevó a su hija al instituto después de leer un artículo en la prensa sobre neuroplasticidad en el que el doctor Grafman contradecía muchas de las cosas que le habían contado sobre problemas cerebrales. Los médicos le habían dicho a Carol que Michelle se desarrollaría mentalmente sólo hasta los 12 años, y ahora tenía 23. Si el doctor Grafman tenía razón, Michelle había perdido muchos años en los que se podían haber probado con ella otros tratamientos, algo que la llenaba de culpabilidad, pero también de esperanza.

Una de las cosas en las que trabajaron juntos Carol y el doctor Grafman fue ayudar a Michelle a comprender mejor su patología y a controlar mejor sus emociones. Michelle es conmovedoramente franca acerca de sus sentimientos. «Durante muchos años, desde que era pequeña, cada vez que no conseguía lo que quería tenía una rabieta. El año pasado me cansé de que la gente me dejara siempre salirme con la mía debido a mi problema cerebral». Pero añade: «Desde el año pasado he intentado hacer comprender a mis padres que el quiste de mi cerebro puede adaptarse a los cambios».

Aunque es capaz de repetir la explicación del doctor Grafman de que su hemisferio derecho ahora desempeña funciones propias del izquierdo como hablar, leer y hacer cálculos matemáticos, en ocasiones habla del quiste como si tuviera sustancia, como si fuera una especie de presencia extraña con personalidad y voluntad propias, en lugar de un vacío en su cráneo. Esta paradoja revela dos tendencias en su forma de pensar. Tiene una memoria superior para los detalles concretos pero el pensamiento abstracto le resulta difícil. Ser concreto tiene algunas ventajas. Michel es muy buena con la ortografía porque, como muchas personas con el pensamiento concreto muy desarrollado, es capaz de registrar cosas en la memoria y mantenerlas tan *frescas y vívidas* como si acabaran de ocurrir. En cambio le resulta difícil comprender una historia con moraleja, o un mensaje implícito, porque eso requiere pensamiento abstracto.

Presencié muchos ejemplos de cómo Michelle es capaz de interpretar símbolos. Cuando Carol recordaba la conmoción que

sintió cuando el segundo TAC de Michelle reveló que no tenía hemisferio izquierdo escuché un ruido. Michelle, que había estado escuchando, empezó a chupar y a soplar en la botella de la que había estado bebiendo.

—¿Qué haces? —le preguntó su madre.

—Pues... estoy intentando meter mis pensamientos en la botella —contestó Michelle como si pensara que aquello era físicamente posible.

Le pregunté si oír a su madre hablar del TAC le resultaba doloroso.

—Bueno... No, es importante que se lo cuente, pero intento mantener controlado mi lado derecho —un ejemplo de que cuando Michelle se disgusta con algo lo atribuye a la acción de su quiste.

En ocasiones utiliza palabras sin sentido, no tanto para comunicarse como para descargar sus emociones. Me dijo de pasada que le encanta hacer crucigramas y otros juegos de palabras mientras ve la televisión.

—¿Es porque quieres mejorar tu vocabulario? —le pregunté.

—En realidad —contestó—. ¡ABEJAS EN ACCIÓN! ¡ABEJAS EN ACCIÓN! Lo hago mientras veo alguna serie, para no aburrirme».

Había cantado ¡ABEJAS EN ACCIÓN!, un trozo de canción insertándolo en su explicación. Le pregunté por qué lo había hecho.

—Son sólo tonterías que digo cuando, cuando, cuando me preguntan cosas que me ponen nerviosa —me contestó.

A menudo escoge palabras no tanto por su significado abstracto como por su cualidad física, su rima, un indicio de lo concreto de su pensamiento. En una ocasión, mientras salía de un coche rompió a cantar: ¡CACA DE VACA! A menudo canta en voz alta en restaurantes y la gente se le queda mirando. Antes de que empezara a cantar apretaba tanto la mandíbula cuando se impacientaba que se rompió dos dientes y después las fundas con las que se los reemplazaron, varias veces. Cantar cosas sin sentido le ayudó a deshacerse de ese hábito. Le pregunté si cantar esas cosas le ayudaba a sentirse mejor.

—¡LA RANA CRI CRI! —cantó—. Cuando canto mi lado derecho controla el quiste.

—¿Y eso te hace sentir mejor? —insistí.

—Eso creo —me contestó.

El lenguaje sin sentido a menudo resulta cómico, pero Michelle recurre a él cuando tienen la sensación de que la cabeza le falla y no entiende por qué.

—Mi lado derecho —explica— no pude hacer algunas de las cosas que el de otras personas sí. Puedo tomar decisiones sencillas, pero no aquellas que requieran pensamiento subjetivo.

Por eso le encantan las actividades repetitivas que a otros nos volverían locos, como introducir datos en un ordenador. Es lo que hace con los datos de los 5.000 miembros de la parroquia donde trabaja su madre. Me enseña uno de sus pasatiempos favoritos en su ordenador: el solitario. Mientras la observo me asombra la rapidez a la que juega. Como esta tarea no requiere pensamiento subjetivo, Michelle se muestra extremadamente *decidida.*

—¡Eh! ¡Mira esto! —grita encantada diciendo en voz alta el nombre de las cartas y colocándolas en su sitio mientras empieza a cantar. Me doy cuenta de que está visualizando *toda* la baraja en su cabeza. Conoce la posición y la identidad de cada una de las cartas que ha visto, esté o no dada la vuelta.

La otra tarea repetitiva que le encanta es doblar. Cada semana, con una sonrisa en la cara y a velocidad de vértigo, dobla cientos de mantas de la parroquia usando una sola mano.

Su incapacidad para el pensamiento abstracto tal vez sea el gran precio que tiene que pagar Michelle por tener un hemisferio cerebral derecho superpoblado. Para hacerme una idea más clara de su capacidad para la abstracción le pido que me explique el significado de algunos refranes.

—¿Qué significa «A lo hecho, pecho»?

—Que no hay que perder tiempo preocupándose por una cosa.

Le pido que me diga más, confiando en que añada que no sirve de nada lamentarse de errores que no tienen solución. Entonces empieza a respirar pensadamente y a cantar, con voz alterada: ¡NO ME GUSTAN LAS FIESTAS! ¡OOOHH!

Entonces me dijo que se sabía una frase simbólica: «Por dónde sopla el viento» y que significaba «saber cómo están las cosas».

A continuación le pedí que interpretara un refrán que nunca había oído: «Ver la paja en el ojo ajeno» y empezó otra vez a respirar pesadamente.

Puesto que va a la iglesia con regularidad, le pregunté sobre las palabras de Jesús «El que esté libre de pecado que tire la primera piedra», recordándole el contexto en que las dijo.

Suspiró y respiró pesadamente.

—¡VEO TUS GUISANTES! Creo que tendré que pensármelo.

Seguí preguntándole acerca de las similitudes y las diferencias entre objetos, un test de abstracción que no es tan difícil como interpretar refranes o alegorías, los cuales implican secuencias de símbolos más largas. Las similitudes y las diferencias tienen mucho más que ver con los detalles, por lo que las encontró más rápidamente que la mayoría de las personas.

—¿En qué se parecen una silla y un caballo?

—Los dos tienen cuatro patas y te puedes sentar en ellos —me contestó al instante.

—¿Y en qué se diferencian?

—El caballo está vivo y la silla no. Y el caballo puede moverse solo.

Le hice varias preguntas de este tipo y las contestó todas a la perfección y sin cantar. También le puse varios problemas de aritmética y de memoria, que también solucionó sin dudar. Me dijo que en el colegio la aritmética siempre le había resultado muy fácil, que lo hacía tan bien que la habían sacado de su clase de educación especial para llevarla a las clases normales. Pero en el octavo curso, cuando empezó a estudiar álgebra, que es más abstracta, le resultó muy difícil. Lo mismo le ocurría con la historia. Al principio lo hizo muy bien, pero conforme se empezaron a introducir conceptos históricos, en octavo curso, tenía problemas para comprenderlos. Así pues, todo indicaba que mientras su capacidad para recordar detalles era excelente, el pensamiento abstracto le resultaba un desafío.

Empecé a sospechar que Michelle tenía una capacidad mental extraordinaria para algunas cosas cuando reparé que, en el curso de nuestras conversaciones, solía corregir a su madre acerca de la fecha de un determinado acontecimiento. Su madre estaba hablando de un viaje a Irlanda y le preguntó a Michelle cuándo había sido.

—Mayo de 1987—contestó ésta sin dudar.

Le pregunté cómo lo hacía.

—Me acuerdo de casi todo... son como recuerdos vívidos.

Me contó que sus recuerdos se remontaban 18 años atrás, a mediados de la década de 1980 y le pregunté si usaba alguna fórmula especial para deducir las fechas, como hacen muchos superdotados. Me contestó que por lo general se acuerda del día en que ocurrió algo sin necesidad de calcularlo, pero que también sabe que el calendario se rige por un patrón de seis años y después pasa a otro de cinco años, dependiendo de los bisiestos.

—Así que hoy es miércoles, 4 de junio y hace cinco años el 4 de junio también cayó en miércoles.

—Pero ¿usas otras reglas? —le pregunté—. ¿En qué cayó el 4 de junio hace tres años?

—En domingo.

—¿Y no has usado una regla?

—No. Simplemente me acuerdo.

Asombrado, le pregunté si alguna vez había sentido fascinación por los calendarios y me contestó que no. Entonces le pregunté si disfrutaba recordando cosas.

—Es algo que me sale solo.

Le pregunté varias fechas seguidas y las apunté para comprobarlas luego:

—¿2 de marzo de 1985?

—Fue sábado —Su respuesta fue *inmediata* y correcta.

—¿17 de julio de 1985?

—Miércoles. —Lo mismo. Empecé a darme cuenta de que me resultaba más difícil a mí pensar en fechas al azar que a ella contestarlas.

Debido a lo que me contó acerca de que era capaz de recordar fechas de hasta mediados de la década de 1980 sin recurrir a una fórmula, intenté hacerla retroceder y le pregunté en qué día de la semana había caído el 22 de agosto de 1983. Esta vez se tomó medio minuto para contestar y vi que estaba calculando, susurrando para sí y no haciendo memoria.

—El 22 de agosto de 1983 cayó en martes.

—¿Por qué te ha resultado más difícil esta fecha?

—Porque mi memoria sólo llega hasta el otoño de 1984.

Me explicó que tenía un recuerdo claro de cada día pasado mientras estaba en el colegio y que utilizaba esos días como una especie de referencia.

—Agosto de 1985 empezó en jueves. Así que lo que he hecho es retroceder dos años. Agosto de 1984 empezó en miércoles.

Entonces añadió riendo:

—He metido la pata. He dicho que el 22 de agosto de 1983 cayó en martes, pero la respuesta correcta sería lunes.

Lo comprobé y tenía razón. Su capacidad de cálculo era asombrosa, pero más lo era la claridad con la que recordaba hechos ocurridos durante sus últimos 18 años.

En ocasiones las personas superdotadas tienen formas poco usuales de representar experiencias. El neuropsicólogo ruso Aleksandr Luria trabajó con un especialista en mnemotécnica o artista de la memoria llamado «S» capaz de memorizar largas listas de números al azar y que vivía de sus habilidades. S tenía una memoria fotográfica con la que podía retroceder hasta la infancia y era también un «sinesteta», una persona en la que están «cruzados» determinados sentidos que normalmente no están conectados entre sí. Los sinestetas de primer nivel pueden experimentar conceptos tales como los días de la semana como si tuvieran colores, lo que les permite conservar recuerdos especialmente vívidos de las cosas. S asociaba ciertos números a colores y, como Michelle, tenía problemas con el pensamiento abstracto.

— Hay determinadas personas —le dije a Michelle— que cuando se imaginan un día de la semana ven un color, lo que lo hace más vívido. Por ejemplo asocian los miércoles con el color rojo, los jueves con el azul y los viernes con el negro.

—¡Vaya! —contestó. A continuación le pregunte si ella tenía esa habilidad.

—Bueno, no tengo un código de colores, sino *escenas* para cada día de la semana. Para los lunes me imagino mi aula en el Centro de Desarrollo Espacial. Para la palabra «hola» me imagino la pequeña habitación a la derecha del vestíbulo de Belle Willard.

—¡Madre mía! —interrumpió Carol. Y me explicó que Michelle fue un tiempo a un centro de educación especial llamado Belle Willard, desde los 14 meses a los 2 años y 10 meses.

Repasé todos los días de la semana con ella; cada uno estaba relacionado con una escena. Así, cuando piensa en sábado, ve un tiovivo con una luz verde que hay cerca de su casa. Se imagina haberse «sentado» en el tiovivo cuando era pequeña (*sat*, que significa «sentado» en inglés, es la primera sílaba de *Saturday*, la palabra inglesa para «sábado»). Para el domingo tiene una escena en la que brilla el sol (*sunday* significa literalmente «día de sol»), pero para otros días tiene escenas que es incapaz de explicar. Viernes:

«La sartén que usábamos para hacer tortitas en la vieja cocina vista desde arriba», algo que se remontaba a más de 18 atrás, antes de que hicieran obras en la casa. Quizás asociaba *Fri* (escrito *fry* en inglés significa «freír») con una sartén porque ésta se usa para freír.

Jordan Grafman es el investigador que trata de averiguar cómo funciona el cerebro de Michelle. Después de que Carol leyera su artículo sobre plasticidad se puso en contacto con él y quedaron en que vería a Michelle en su consulta. Desde entonces ha examinado a Michelle y usa sus conclusiones para ayudarla a adaptarse mejor a su situación y a comprender mejor cómo se ha desarrollado su cerebro.

Grafman tiene una sonrisa cálida, una voz musical y cabello claro. Es tan alto y corpulento que parece llenar el pequeño despacho con paredes forradas de libros que ocupa en los National Institutes of Health. Es jefe del Departamento de Neurociencia Cognitiva del Instituto Nacional de Desórdenes Neurológicos y Derrames cerebrales. Sus áreas de investigación son los lóbulos frontales y la plasticidad, dos campos que, unidos, le están ayudando a explicar las extraordinarias cualidades de Michelle y también sus dificultades cognitivas.

Grafman sirvió durante 20 años como capitán en las Fuerzas Aéreas estadounidenses, en el comando de ciencias biomédicas. Recibió una medalla al mérito por su trabajo como director de un estudio sobre heridas en la cabeza durante la guerra de Vietnam. Probablemente ha visto más personas con lesiones en los lóbulos frontales que nadie en el mundo.

Su propia biografía constituye un impresionante ejemplo de transformación. Cuando estaba en la escuela elemental su padre tuvo un grave derrame de la clase que produce una lesión cerebral, entonces poco conocida por los médicos, que cambió su personalidad. Tenía fuertes crisis emocionales y lo que se llama eufemísticamente en neurología «desinhibición social», es decir, la liberación de instintos sexuales y agresivos que normalmente se reprimen o inhiben. Tampoco era capaz de entender lo quería decirle la gente cuando le hablaba. Jordan no comprendía los motivos del comportamiento de su padre. Su madre pidió el divorcio y éste pasó el resto de su vida en un hotel de Chicago para terminar muriendo solo de otro derrame en un oscuro callejón. Jordan, desgarrado por el do-

lor, dejó de acudir a la escuela y se convirtió en un delincuente juvenil. Sin embargo algo en su interior le decía que necesitaba algo más y empezó a pasar las mañanas en una biblioteca pública, donde descubrió a Dostoievski y a otros grandes novelistas. Por las tardes visitaba el Arts Institute hasta que descubrió que éste era en realidad una especie de burdel donde se abusaba de los jóvenes. Las noches las pasaba en clubes de jazz y blues en la parte vieja de la ciudad. La vida en la calle le proporcionó una verdadera educación psicológica, aprendiendo los motivos del comportamiento humano por el método de prueba y error. Para evitar ser enviado al reformatorio de St Charles, en realidad una cárcel para chicos menores de 16, pasó cuatro años en un hogar-escuela para jóvenes, donde recibía terapia con un trabajador social que, según cuenta, «me salvó y me preparó para el resto de mi vida». Se graduó en el instituto y huyó de Chicago, que para él era una ciudad triste y gris, a la alegre California. Allí se enamoró del parque nacional Yosemite y decidió convertirse en geólogo. Pero la casualidad hizo que se apuntara a un curso sobre la psicología de los sueños y lo encontró tan fascinante que cambió la geología por la psicología.

Su primer encuentro con la neuroplasticidad tuvo lugar en 1977 cuando estudiaba en la Universidad de Wisconsin, trabajando con una mujer africano-americana que se había recuperado inesperadamente de graves lesiones cerebrales. A «Renata», como él la llama, la habían estrangulado tras asaltarla en Central Park, en Nueva York y la habían dado por muerta. El ataque privó su cerebro de oxígeno el tiempo suficiente como para causarle anoxia, muerte neuronal por insuficiencia de oxígeno. Grafman la vio por primera vez más de cinco años después del ataque, una vez que los médicos la habían dado por perdida. Su corteza motora había sufrido tales daños que le costaba mucho moverse y estaba confinada a una silla de ruedas, sin tono muscular. El equipo médico que la trataba opinaba que seguramente había sufrido lesiones en el hipocampo; tenía serios problemas de memoria y apenas era capaz de leer. Desde que fue atacada su vida había sido una espiral descendente: no podía trabajar y había perdido todas sus amistades. Los pacientes como Renata eran considerados casos perdidos, ya que la anoxia mata gran cantidad de tejido cerebral y la mayoría de los médicos opinaba entonces que el cerebro no puede recuperarse de la pérdida de tejidos.

Sin embargo el equipo con el que trabajaba Grafman empezó a someter a Renata a un programa intensivo de rehabilitación, de la clase del que se da a las personas en las semanas inmediatamente siguientes a la lesión. Grafman había estado investigando acerca de la memoria, entendía de rehabilitación y se preguntó qué sucedería si se combinaban ambas cosas. Sugirió que Renata empezara a hacer ejercicios de memoria, lectura y otros que requirieran pensar. Por entonces Grafman ignoraba que el padre de Bach-y-Rita se había beneficiado de un programa similar veinte años antes.

Renata empezó a moverse más y a volverse más comunicativa y capaz de concentrarse, de pensar y de recordar pequeñas cosas del día a día. Por último pudo regresar a la universidad, conseguir un trabajo y reincorporarse al mundo normal. Aunque nunca se recuperó por completo, Grafman quedó asombrado con sus progresos y afirmó que el tratamiento «había mejorado hasta tal punto su calidad de vida que resultaba asombroso».

La Fuerzas Aéreas de Estados Unidos costearon la universidad a Grafman, que a cambio fue nombrado capitán y director del departamento de neuropsicología del Estudio de Heridas en la cabeza en Vietnam, donde tuvo su segunda experiencia personal con la plasticidad cerebral. Cuando los soldados se enfrentan en el campo de batalla, es frecuente que trozos de metal dañen el tejido de sus lóbulos frontales, encargados de coordinar otras partes del cuerpo y de ayudar a la mente a concentrarse en lo esencial de una situación, marcarse objetivos y tomar decisiones duraderas.

Grafman quería entender cuáles eran los factores que más afectaban a la recuperación de lesiones de lóbulos frontales, así que comenzó a examinar cómo la salud de un soldado, sus antecedentes genéticos, su estatus social y su grado de inteligencia antes de la lesión podían ayudar a predecir su grado de recuperación. Puesto que todo soldado debe pasar un test diseñado por la Fuerzas Armadas (similar a un test de inteligencia) Grafman podía estudiar la relación entre la inteligencia pre-lesión a la de después de la recuperación y descubrió que, al margen del tamaño de las heridas y de su localización, el cociente intelectual de un soldado era un factor importante a la hora de predecir hasta qué punto recobraría sus funciones cerebrales. Tener una mayor capacidad cognitiva —es decir, inteligencia de sobra— permitía al cerebro responder mejor a traumatismos graves. Los estudios de Grafman sugieren que los

soldados con un nivel de inteligencia alto parecían más preparados para reorganizar sus capacidades cognitivas y reforzar así el área o las áreas lesionadas.

Como hemos visto, de acuerdo con el localizacionismo en su concepción más estricta, cada función cognitiva se procesa en una región cerebral determinada genéticamente. Si esa localización desaparece por efecto de un balazo, también deberían desaparecer sus funciones para siempre, ya que según esta teoría el cerebro es incapaz de adaptarse y generar nuevas estructuras que reemplacen las dañadas.

Grafman quería explorar los límites y el potencial de la plasticidad para descubrir cuánto tarda en producirse la reorganización estructural, y comprobar si existían diferentes tipos de plasticidad. Dedujo que puesto que cada persona con heridas en la cabeza tienen dañadas áreas diferentes, estudiar de cerca casos individuales resultaría más productivo que hacerlo con grandes grupos.

La visión que Grafman tiene del cerebro integra una versión no doctrinal del localizacionismo con la idea de plasticidad. El cerebro está dividido en secciones y en el transcurso del desarrollo cada una adquiere una responsabilidad primaria para una clase determinada de actividad mental. En las actividades complejas varias secciones deben interactuar. Así, cuando leemos, el significado de una palabra se almacena o «cartografía» en una sección del cerebro; la apariencia visual de las letras se almacena en otra y su sonido en una tercera. A su vez, estas secciones están unidas por una red, de forma que cuando encontramos esa palabra podemos verla, oírla y comprenderla. Las neuronas de cada sección tienen que ser activadas a la vez —es decir, coactivadas— para que podamos ver, oír y comprender al mismo tiempo.

Las reglas para almacenar toda esta información reflejan el principio de úsalo o lo perderás. Cuanto mayor es la frecuencia con que empleamos una palabra, más fácilmente la encontraremos. Incluso pacientes con daño cerebral en la sección de las palabras tienen mayor facilidad para recuperarlas si las usaban con frecuencia antes de la lesión.

Grafman está convencido de que en cualquier área del cerebro que realiza una actividad, tal como almacenar palabras, son las neuronas situadas en el centro de la misma las que desempeñan principalmente dicha actividad. Aquellas situadas en el borde par-

ticipan menos, de forma que secciones cerebrales adyacentes compiten entre sí para reclutarlas. Las actividades diarias determinan cuál de ellas ganará la competición. En un empleado de correos que mira sobres sin pensar en lo que dicen, las neuronas situadas en el límite entre el área visual y la del significado terminarán dedicándose a representar el «aspecto» de la palabra. En un filósofo, interesado en el significado de las palabras, esas neuronas pasarán a representar significados. Grafman cree que todo lo que los escáneres cerebrales nos revelan acerca de esas áreas fronterizas confirma que se expanden con rapidez, en cuestión de minutos, para responder así a nuestras necesidades de cada momento.

A partir de sus investigaciones Grafman ha identificado cuatro clases de plasticidad. La primera es la «expansión de mapas» descrita en el párrafo anterior, que se produce sobre todo en las fronteras entre secciones cerebrales como resultado de la actividad diaria de cada persona. La segunda es la «reasignación sensorial», que se da cuando uno de los sentidos está bloqueado, como en el caso de las personas invidentes. Cuando la corteza visual es privada de los estímulos habituales, puede recibirlos de otro sentido, como el tacto.

La tercera clase de plasticidad es la «mascarada compensatoria», que se aprovecha del hecho de que el cerebro tiene más de una manera de acometer una actividad determinada. Algunas personas recurren a hitos visuales para desplazarse de un lugar a otro. Otros, que tienen «buen sentido de la orientación», poseen un sentido espacial fuerte, de manera que si pierden esta capacidad debido a una lesión cerebral, pueden recurrir a los hitos. Hasta que se reconoció la neuroplasticidad, la mascarada compensatoria, también conocida como «estrategias alternativas», tales como emplear cintas de audio en personas con dificultades para leer, era el método principal empleado con niños con trastornos de aprendizaje.

La cuarta clase de neuroplasticidad es la «apropiación de la región espejo». Cuando una parte del hemisferio cerebral falla, su región «espejo» en el otro hemisferio se adapta para desempeñar sus funciones de la mejor manera posible. Esta última idea surgió de la colaboración de Grafman y su colega Harvey Levin con un niño al que llamaré Paul, víctima de un accidente de tráfico a la edad de 7 meses. Un golpe recibido en la cabeza desplazó los huesos de su cráneo fracturado a su lóbulo parietal derecho, el situado en la parte central superior del cerebro, detrás de los lóbulos pa-

rietales. El equipo de Grafman examinó a Paul por primera vez cuando tenía 17 años y descubrió que, sorprendentemente, tenía problemas para calcular y procesar números. Las víctimas de lesiones parietales *derechas* tienen por lo general problemas para procesar información visual y espacial. Grafman y sus colegas habían determinado que el lóbulo parietal *izquierdo* es el encargado de almacenar datos matemáticos y realizar operaciones de aritmética, y sin embargo el lóbulo izquierdo de Paul no había resultado dañado.

Se le realizó un TAC que demostró que Paul tenía un quiste en el hemisferio derecho, el dañado en el accidente. A continuación le realizaron una resonancia magnética mientras que Paul resolvía unos sencillos problemas matemáticos. El escáner mostró que se activaba *muy débilmente* el área parietal izquierda.

Dado lo extraño de los resultaros, concluyeron que el área izquierda se activaba ligeramente durante los ejercicios de aritmética porque estaba procesando la información visual y espacial que el lóbulo parietal derecho ya no podía. Paul sufrió el accidente de coche antes de que pudiera aprender aritmética, por tanto, *antes* de que su lóbulo parietal se especializara en procesar cálculo numérico. En el periodo comprendido desde los 7 meses hasta los 6 años, cuando empezó a estudiar aritmética, para Paul había sido mucho más importante desenvolverse en el plano espacial, para lo que había necesitado desarrollar procesamiento espacial y visual, y esta capacidad se había alojado en la parte del cerebro más parecida al lóbulo parietal derecho: el lóbulo parietal izquierdo. Paul era ahora capaz de desenvolverse por el mundo, pero a un precio. Para cuando tuvo que aprender aritmética, la parte central del lóbulo parietal izquierdo se dedicaba a procesar información espacial.

La teoría de Grafman sirve para explicar la evolución del cerebro de Michelle. En ella, la pérdida de tejido cerebral se produjo antes de que su hemisferio derecho hubiera fijado sus funciones de manera significativa. Puesto que la plasticidad es más poderosa en los primeros años de vida de una persona, lo que probablemente salvó a Michelle de la muerte fue que la lesión se produjo cuando su cerebro aún se estaba formando, y el hemisferio derecho tuvo tiempo de adaptarse todavía dentro del útero.

Es posible que su hemisferio derecho, que normalmente procesa actividades visual-espaciales, pudiera procesar el habla porque, al ser parcialmente ciega y casi incapaz de gatear, Michelle apren-

dió a hablar antes que a ver y a caminar. Pudiera ser que el habla se hubiera impuesto a las necesidades visual-espaciales de Michelle, igual que éstas se habían impuesto a las necesidades aritméticas de Paul.

La migración de una función mental al hemisferio opuesto puede darse porque el desarrollo temprano de ambos hemisferios es bastante similar, y la especialización se produce de forma gradual. Escáneres realizados a bebés durante su primer año de vida demuestran que procesan nuevos sonido en ambos hemisferios. A los 2 años generalmente los procesan en el izquierdo, que para entonces ha empezado a especializarse en el habla. Grafman se pregunta si la capacidad visual-espacial, al igual que el lenguaje en los bebés, está presente inicialmente en ambos hemisferios y después inhibido en el izquierdo conforme el cerebro se especializa. En otras palabras, cada hemisferio *tiende* a especializarse en determinadas funciones, pero no está estructurado así. La edad a la que aprendemos una destreza mental influye en gran medida en el área en la que será procesada. De niños, somos expuestos *lentamente* al mundo que nos rodea, y conforme adquirimos nuevas destrezas las secciones de nuestro cerebro más idóneas y que aún no tienen adjudicada una función, se dedican a procesarlas.

«Lo que significa», en palabras de Grafman, «que si tomamos a un millón de personas y examinamos las mismas áreas de su cerebro, veremos que, más o menos, esas áreas procesan las mismas funciones». «Pero», añade, «pueden no estar en el mismo sitio. Y así debería ser, porque cada una de esas personas tiene una experiencia vital diferente».

La clave de la relación entre las extraordinarias cualidades de Michelle y sus dificultades se explica gracias a los trabajos de Grafman sobre el lóbulo frontal. Concretamente, su estudio de la corteza prefrontal nos hace entender el precio que tuvo que pagar Michelle para sobrevivir. Los lóbulos prefrontales son parte del cerebro más específicamente humano, puesto que están más desarrollados en nosotros que en los animales. La teoría de Grafman es que en el curso de la evolución, la corteza prefrontal desarrolló la capacidad de capturar y retener información durante periodos de tiempo cada vez más prolongados, permitiendo a los humanos desarrollar la memoria y la capacidad de predicción. El lóbulo frontal izquierdo se especializó en almacenar recuerdos de *hechos individuales*

y el derecho en *sacar conclusiones* o comprender el mensaje principal de una serie de hechos o de una historia.

La capacidad de predicción implica deducir el mensaje de una serie de hechos antes de que éstos terminen de producirse y supone una gran ventaja para desenvolverse en la vida: saber que cuando un tigre se agazapa se está preparando para atacar puede salvarnos la vida. La persona con capacidad de predicción no necesita experimentar la secuencia completa de hechos para saber lo que ésta puede provocar.

Personas con lesiones prefrontales tienen también deficiencias visuales. Pueden ver una película pero son incapaces de entender la idea central o de seguir el argumento. No saben planificar, ya que ello implica ordenar una serie de hechos de manera que conduzcan a un resultado determinado. Tampoco son capaces de llevar bien sus planes a la práctica y, al no poder entender la idea central de algo, se distraen con facilidad. A menudo les cuesta desenvolverse socialmente porque no son capaces de extraer el objetivo de las interacciones sociales, que también son una serie de hechos, y tienen dificultades para comprender metáforas y símiles, que requieren deducir la idea principal a partir de varios detalles. Si un poeta escribe «el matrimonio es un campo de batalla», es importante saber que no quiere decir que un matrimonio consiste en explosiones y cadáveres, sino que hace referencia a que la pareja discute o pelea constantemente.

Todas aquellas áreas en las que Michelle tiene dificultades —a saber, extraer la idea principal de algo, interpretar refranes, metáforas y conceptos y pensamientos abstractos— son actividades que corresponden al lóbulo prefrontal derecho. El test psicológico diseñado por Grafman confirmó que también tenía dificultades para planificar, desenvolverse en situaciones sociales, entender móviles (lo que mueve a las personas a hacer algo, una variante de la idea principal aplicada a la vida social) y también problemas para empatizar y predecir el comportamiento de los demás. Su relativa ausencia de capacidad de predicción, en opinión de Grafman, aumenta sus niveles de ansiedad y hace que le resulte más difícil controlar sus impulsos. Por otra parte, tiene una extraordinaria capacidad para recordar hechos individuales y las fechas exactas en las que ocurrieron, una función del lóbulo prefrontal izquierdo.

Grafman cree que Michelle ha experimentado la misma clase de adaptación de espejo que Paul, pero que en su caso las zonas

espejo corresponden a sus lóbulos prefrontales. Puesto que por lo general uno aprende antes a registrar los hechos que se producen que a extraer la idea principal que se deduce de los mismos, esta función —que correspondería al lóbulo prefrontal izquierdo— pasó a producirse en su lóbulo derecho, de manera que la capacidad de deducir el significado o idea principal de estos hechos nunca llegó a desarrollarse por completo por falta de espacio.

Cuando me reuní con Grafman después de que éste examinara a Michelle, le pregunté por qué es capaz de recordar hechos con mucha más facilidad que la mayoría de la gente. Grafman opina que esta capacidad superior a la media puede estar relacionada con el hecho de que Michelle tiene un solo hemisferio cerebral. Por regla general los dos hemisferios están en constante comunicación. No sólo se informan el uno al otro de sus actividades, también se corrigen mutuamente y cada uno compensa las excentricidades ocasionales del otro. ¿Qué ocurre entonces cuando uno de los dos resulta dañado y ya no es capaz de controlar al otro?

El doctor Bruce Miller, profesor de Neurología de la Universidad de California, en San Francisco, ha descrito un ejemplo extremo de esta situación, en personas que desarrollaron demencia del lóbulo frontotemporal del lado *izquierdo* de su cerebro y perdieron así la capacidad de comprender el significado de la palabras y sin embargo, desarrollaron *de forma espontánea* destrezas artísticas y musicales extraordinarias, que por regla general se procesan en los lóbulos temporal derecho y parietal. En concreto estas personas desarrollaron una gran capacidad artística para plasmar detalles. Miller sugiere que el hemisferio izquierdo actúa normalmente como una especie de «matón», inhibiendo y suprimiendo la actividad del derecho y, cuando falla, el potencial del hemisferio derecho hasta entonces inhibido emerge en todo su potencial.

De hecho, las personas sin discapacidades pueden también favorecer la «liberación» de su hemisferio derecho. En su popular libro *Aprender a dibujar con el lado derecho del cerebro*, publicado en 1979, años antes del descubrimiento de Miller, Betty Edwards enseñaba a las personas a desarrollar técnicas para evitar que el hemisferio izquierdo, verbal y analítico por definición, inhibiera las tendencias artísticas del derecho. Inspirada por las investigaciones del neurocientífico Richard Sperry, Edwards demostró que el hemisferio izquierdo, al que definía como «verbal, lógico y analítico», percibe de manera que interfiere con la capacidad de dibu-

jar y tiende a dominar al hemisferio derecho, más capacitado para esta destreza. La táctica básica de Edwards consistía en desactivar el poder inhibidor del hemisferio izquierdo asignando al estudiante una tarea que dicho hemisferio sería incapaz de realizar y por tanto se «apagaría». Así, por ejemplo, hacía que sus alumnos copiaran un boceto de Picasso visto al revés, y descubrió que lo hacían mejor que cuando lo miraban en la posición correcta. Los alumnos desarrollaban entonces una repentina habilidad para dibujar, en lugar de adquirir la destreza de forma gradual.

En opinión de Grafman, la extraordinaria capacidad de Michelle para recordar hechos puede deberse a que en su caso no había hemisferio izquierdo que pudiera inhibir su desarrollo, como suele ocurrir una vez que se ha deducido la idea principal de algo y los detalles dejan de ser importantes.

Puesto que en nuestro cerebro se producen miles de actividades al mismo tiempo, necesitamos fuerzas que inhiban, controlen y regulen para mantenerlo cuerdo y organizado, de manera que no «salgamos disparados en todas direcciones», por así decirlo. Cabría pensar que lo peor que podría ocurrirle al cerebro sería que se borraran determinadas funciones. Pero igual de dañina sería una enfermedad que nos llevara a expresar partes de nosotros mismos que nunca hemos querido sacar a la luz. Gran parte de la función cerebral es inhibitoria, y cuando perdemos esa capacidad de inhibición, nuestros impulsos e instintos no deseados emergen con toda su fuerza, avergonzándonos y destruyendo nuestras relaciones familiares y sociales.

Hace unos pocos años Jordan Grafman tuvo ocasión de consultar el historial médico de su padre en el hospital donde le diagnosticaron el derrame cerebral que le hizo perder sus inhibiciones y que condujo en última instancia a su deterioro mortal. Descubrió que el derrame se había producido en la corteza frontal derecha, el área que Grafman se había dedicado a estudiar durante 25 años.

Antes de irme, Michelle me invita a conocer sus dominios. «Ésta es mi habitación», me dice orgullosa. Está pintada de azul y llena de ositos de peluche y muñecos de Micky Mouse y Bugs Bunny. En las estanterías hay cientos de volúmenes de la colección Baby-Sitters Club, lecturas muy populares entre las chicas prepúberes. También tiene una colección de cintas de Carol Burnett y le

gusta el rock de los sesenta y setenta. Al ver la habitación, me pregunto cómo será su vida social. Carol me explica que durante la pubertad y la adolescencia Michelle fue bastante solitaria y prefería la lectura a estar con los amigos.

—Daba la impresión de que preferías estar sola —le dice a su hija.

Uno de sus médicos pensó que tenía algunas conductas propias del autismo, pero yo tengo claro que no es así. Michelle tiene buenos modales, identifica las idas y venidas de quienes le rodean y su relación con sus padres es cálida y cercana. Está deseando relacionarse con los demás y se siente herida cuando no la miran a los ojos, lo que ocurre a menudo cuando las «personas normales» se enfrentan a otras discapacitadas.

Al oír el comentario sobre el autismo, Michelle interviene:

—Mi teoría es que siempre quería estar sola porque de esa forma no causaría problemas.

Tiene dolorosos recuerdos de intentar jugar con otros niños y de cuando éstos no sabían cómo reaccionar ante alguien como ella y sus particularidades, en especial su hipersensibilidad a los ruidos. Le pregunto si conserva algún amigo de la infancia.

—No —me contesta.

—No, nadie —confirma Carol en tono solemne.

Le pregunto a Michelle si en la adolescencia, cuando los niños y niñas empiezan a relacionarse entre sí, salía con chicos.

—No —me dice. Nunca le ha gustado un chico. Eso es algo que nunca le ha interesado.

—¿Has soñado alguna vez con casarte?

—Creo que no.

Las preferencias, gustos y aficiones de Michelle tienen algo en común. La colección de relatos para chicas, el humor blanco de Carol Burnett, los muñecos de peluche y todo lo demás que vi en su habitación azul forman parte de esa fase del desarrollo llamada de «latencia», ese periodo de relativa calma que precede a la pubertad. Michelle mostraba a mi juicio muchas pasiones propias de la latencia, y me preguntaba si la ausencia del lóbulo izquierdo habría afectado su desarrollo hormonal, aunque no fuera evidente en su fisiología. Tal vez sus gustos eran el resultado de su educación superprotegida o tal vez sus dificultades para interpretar las inten-

ciones de los demás la empujaran a un mundo de instintos todavía adormecidos y donde el humor no tiene segundas intenciones.

Carol y Wally, padres devotos de su hija discapacitada, creen que deben preparar las cosas para Michelle para cuando ellos no estén. Carol hace lo posible porque sus hermanos la ayuden, de manera que Michelle no se quede sola. Confía además que ésta consiga un empleo en una empresa de servicios funerarios local cuando se jubile la mujer encargada de introducir los datos en el ordenador, evitando así que Michelle tenga que desplazarse a otra localidad, algo que teme.

Los Mack tienen además otras preocupaciones y problemas. Carol tiene cáncer y el hermano de Michelle, Bill, a quien Carol describe como un «aventurero», ha sufrido varios accidentes. El día en que fue elegido capitán del equipo de rugby, sus compañeros le arrojaron al aire para celebrarlo con tan mala suerte que se cayó y se rompió el cuello. Por fortuna, un equipo quirúrgico de primera categoría consiguió librarle de quedar paralítico. Cuando Carol empezó a contarme cómo había ido al hospital a decirle a Bill que Dios estaba intentando llamar su atención miré a Michelle. Parecía serena y en su rostro se dibujaba una sonrisa.

—¿En qué estás pensando, Michelle? —le pregunté.

—Estoy bien —fue su contestación.

—Pero estás sonriendo. ¿Te interesa lo que cuenta tu madre?

—Claro —dijo.

—Apuesto que sé lo que está pensando —intervino Carol.

—¿El qué? —preguntó Michelle.

—En el cielo —replicó su madre.

—Sí, creo que sí.

—Michelle —me contó Carol— tiene una profunda fe, que en muchos sentidos es bastante sencilla.

Así es, Michelle se imagina cómo será el cielo y cada vez que piensa en ello no puede evitar sonreír.

—¿Sueñas por las noches? —le pregunto.

—Sí —es su contestación—. Sueños cortos. Pero no tengo pesadillas. En realidad normalmente sueño cosas buenas.

—¿Como por ejemplo?

—Sobre todo sueño con allí arriba, con el cielo.

Le pido que me cuente más y se emociona.

—¡Claro! —me dice—. Hay personas a las que respeto mucho y me gustaría que pudieran vivir juntas, separadas por sexos, las mu-

jeres en un sitio y los hombres en otro. Y dos de los hombres se ponen de acuerdo para ofrecerme ir a vivir con las mujeres.

En el cielo también están sus padres y todos viven en un edificio de varias plantas, pero sus padres ocupan la de abajo mientras que Michelle vive con las otras mujeres.

—Me lo contó un día —me explica Carol—. Me dijo: «Espero que no te importe, pero cuando estemos en el cielo no quiero vivir con vosotros». Le dije que me parecía bien.

Le pregunté a Michelle qué hará la gente en el cielo para pasar el rato y me contestó:

—Lo que la gente suele hacer en vacaciones, jugar al minigolf y esas cosas. Nada de trabajo.

—¿Y las mujeres y los hombres saldrán juntos?

—No sé. Bueno, lo harían, pero sólo para divertirse.

—¿Te imaginas que en el cielo hay árboles y pájaros, cosas así?

—¡Claro que sí! Y además toda la comida es baja en calorías y grasas, así que podremos comer todo lo que queramos. Y no hará falta dinero para pagar.

Entonces añadió algo que su madre siempre le había contado sobre el cielo.

—En el cielo todo el mundo es feliz, no existen las enfermedades, sólo la felicidad.

Su sonrisa revela una gran paz interior. En el paraíso de Michelle están todas las cosas que le gustaría tener: mayor contacto con los demás, una forma vaga de relaciones entre hombres y mujeres y todo aquello que le proporciona placer. Sin embargo todo esto pertenece a una vida futura soñada en la que, aunque ella es más independiente, sigue teniendo cerca a sus padres. No sufre problemas de salud ni se preocupa porque le falte un lado del cerebro. Allí, en el cielo, tiene todo lo que necesita.

El cerebro modificado culturalmente

No sólo el cerebro conforma la cultura, sino que la cultura conforma el cerebro

¿Cuál es la relación entre cerebro y cultura? La respuesta convencional de los científicos a esta pregunta ha sido que el cerebro humano, del que emanan todos los pensamientos y acciones, produce cultura. Después de lo que hemos aprendido sobre neuroplasticidad, esta respuesta ya no resulta válida.

La cultura no sólo es algo que el cerebro produce; también es, por definición, una serie de actividades que conforman la mente. El Oxford English Dictionary ofrece una importante definición de cultura: «el cultivo o el desarrollo [...] de la mente, de facultades, de maneras, etcétera [...] la mejoría o el refinamiento a través de la educación y la formación [...] el aprendizaje, el desarrollo y el refinamiento de la mente, de los gustos y de las maneras». Nos volvemos cultos formándonos en varias actividades tales como las costumbres, las artes, las maneras de relacionarnos con los demás y del uso de las tecnologías y el aprendizaje de ideas, creencias, filosofías compartidas y religión.

La investigación neuroplástica nos demuestra que toda actividad continuada que ha sido cartografiada —incluyendo actividades físicas, sensoriales, aprender, pensar e imaginar— cambia el cerebro y la mente. Las ideas y las actividades culturales no son una excepción. Nuestros cerebros se modifican con las actividades culturales que realizamos, ya sean éstas leer, estudiar música o aprender otro idioma. Todos tenemos lo que podría llamarse un cerebro culturalmente modificado y, conforme las culturas evolucionan conducen a nuevos cambios en el cerebro. Tal y como lo explica Mer-

zenich, «nuestros cerebros son muy distintos, en lo que se refiere a los detalles, de los de nuestros antepasados [...] en cada etapa del desarrollo cultural [...] el ser humano medio ha tenido que adquirir nuevas y más complejas destrezas y capacidades, todas las cuales generan cambios cerebrales a gran escala [...] Cada uno de nosotros es capaz de aprender un conjunto increíblemente complejo de destrezas y capacidades a lo largo de nuestra vida, generando así de algún modo una recreación de esta historia de evolución cultural por medio de la plasticidad cerebral».

De manera que el concepto de cultura desde el punto de vista de la plasticidad es como una calle de dos direcciones: el cerebro y la genética producen cultura, pero la cultura produce el cerebro. Y en ocasiones estos cambios son radicales.

Nómadas marinos

Los nómadas marinos son un conjunto de tribus que habitan el archipiélago birmano de Mergui, cerca de la costa occidental de Tailandia. Sus miembros aprenden a nadar antes que a caminar y pasan más de la mitad de sus vidas a bordo de embarcaciones en mar abierto, donde a menudo nacen y mueren. Sobreviven cogiendo almejas y pepinos de mar. Los niños bucean a casi 10 metros de profundidad para obtener su ración diaria de comida, una costumbre de siglos de antigüedad. Aprendiendo a bajar el ritmo de los latidos de su corazón son capaces de permanecer bajo el agua el doble que la mayoría de nosotros, y ello sin usar equipo de submarinismo. Una de las tribus, los Sulu, bucea hasta 22 de metros de profundidad en busca de perlas.

Pero lo que distingue a estos niños desde el punto de vista neurocientífico es que son capaces de ver con claridad a varios metros de profundidad debajo del agua y sin gafas. La mayoría de los humanos no ve bien debajo del agua a causa de la refracción de la luz que, al atravesar el agua, no aterriza donde debiera en la retina.

Anna Gislén, una investigadora sueca, estudió la capacidad de los nómadas marinos de leer carteles debajo del agua y descubrió que eran el doble de hábiles en esta tarea que los niños europeos. Los niños birmanos aprendían a controlar su cristalino pero, sobre todo, el tamaño de sus pupilas, cuya dilatación conseguían mantener en un 22 por ciento. Se trata de un hallazgo asombroso, por-

que las pupilas humanas siempre aumentan debajo del agua, y se pensaba que su adaptación era un reflejo innato y fijo, controlado por el sistema nervioso.

Esta capacidad de los nómadas marinos de ver debajo del agua no es un rasgo genético exclusivo de su raza. Desde que realizó su estudió, Gislén ha enseñado a niños suecos a encoger sus pupilas para poder ver debajo del agua, un ejemplo más de que el cerebro y el sistema nervioso, sometidos a un entrenamiento determinado, pueden alterar lo que se consideraba un circuito cerrado e inmutable.

LAS MANIFESTACIONES CULTURALES CAMBIAN LA ESTRUCTURA DEL CEREBRO

La visión submarina de los nómadas birmanos es sólo una muestra de la forma en que las costumbres culturales pueden generar cambios en los circuitos cerebrales, en este caso conducentes a una nueva y aparentemente imposible alteración en la percepción. La música exige mucho del cerebro. Un pianista interpretando la variación 11 del estudio Paganini n.º 6 de Franz Listz debe tocar 1.800 notas por minuto. Estudios realizados por Taub y otros con intérpretes de cuerda han concluido que, cuánto más practican estos músicos, mayores son los mapas cerebrales correspondientes a su mano izquierda, y más numerosos las neuronas y los mapas que responden a los timbres de sonido de cuerda; en cambio, en los trompetistas son las neuronas y los circuitos que se activan con los sonidos de viento los que aumentan. Escáneres cerebrales muestran que los músicos tienen varias áreas de su cerebro —entre otras la corteza motora y el cerebelo— distintas de quienes no tocan un instrumento, y también que en los músicos que empiezan a tocar antes de cumplir los 7 años la superficie cerebral que conecta los dos hemisferios es mayor.

Giorgio Vasari, el historiador del arte, nos cuenta que cuando Miguel Ángel pintó la Capilla Sixtina hizo construir un andamio que llegaba casi hasta el techo y pintó durante 20 meses seguidos. Nos cuenta Vasari: «El trabajo se desarrollaba en condiciones muy incómodas, ya que Miguel Ángel debía estar de pie con la cabeza inclinada hacia detrás, y su vista se resintió de tal forma que durante varios meses sólo fue capaz de leer y mirar sus bocetos en esa postura». Éste bien puede ser un ejemplo de reorganización cerebral,

ver únicamente en la posición a la que se había acostumbrado después de tanto tiempo. Lo que nos cuenta Vasari nos puede parecer increíble, pero hay estudios que demuestran que en personas que usan gafas de inversión visual (que vuelven todo del revés) durante un tiempo los centros de percepción de su cerebro terminan por cambiar, de manera que terminan viendo el mundo, e incluso leyendo libros, al revés. Una vez se quitan las gafas, ven el mundo como si estuviera patas arriba y tienen que readaptarse, como le ocurrió a Miguel Ángel.

Y no son sólo las costumbres «altamente culturales» las que causan reorganización cerebral. Escáneres realizados a taxistas londinenses han demostrado que cuanto más años pasan circulando por las calles de Londres, mayor es el volumen de su hipocampo, la región del cerebro que almacena representaciones espaciales. Incluso las actividades de tiempo libre pueden cambiar nuestro cerebro; los profesores de meditación tienen la ínsula, la parte de la corteza que se activa cuando estamos concentrados, más gruesa.

A diferencia de los músicos, los taxistas y los maestros de meditación, los nómadas del archipiélago de Mergui son un grupo cultural de cazadores y recolectores marinos, capaces de ver debajo del agua.

En todas las culturas sus miembros tienden a compartir determinadas actividades comunes, que constituyen sus «señas de identidad». En el caso de los nómadas de Mergui se trata de la visión submarina. Para los que vivimos en la era de la información, nuestras señas de identidad incluyen leer, escribir, usar un ordenador y otros aparatos electrónicos. Se diferencian de otras actividades universales como pueden ser ver, escuchar o caminar, que se desarrollan con un mínimo de estímulo y son compartidas por toda la humanidad, incluso en aquellos que han crecido aislados, sin contacto con forma de cultura alguna. Las actividades identitarias, en cambio, requieren aprendizaje y experiencia cultural y conducen al desarrollo de un cerebro nuevo y estructurado de una forma determinada. Los seres humanos no evolucionaron hasta ser capaces de ver debajo del agua (perdimos los «ojos acuáticos» junto con las agallas y las aletas, cuando nuestros antecesores abandonaron el mar y se adaptaron a la vida terrestre). La visión submarina no es un regalo de la evolución, sino de la plasticidad cerebral, que nos permite adaptarnos a una inmensa variedad de entornos.

Una de las explicaciones más populares de cómo llega nuestro cerebro a adoptar costumbres culturales es la que proponen los psicólogos evolucionistas, un grupo de investigadores que argumentan que todos los seres humanos compartimos los mismos módulos (departamentos) cerebrales básicos; es decir, que todos tenemos el mismo *hardware* cerebral, y que estos módulos se desarrollaron para realizar tareas determinadas, como hablar, aparearse, clasificar el mundo, etcétera. Estos módulos evolucionaron en el Pleistoceno, entre 1.800.000 y 10.000 años atrás, cuando los hombres vivían de la recolección y la caza, y se han transmitido de generación en generación, sin alterar su composición genética de modo significativo. Puesto que son comunes a todos nosotros, los aspectos clave de la naturaleza y la psicología humanas son en gran medida universales. A todo esto los psicólogos añaden que el cerebro humano adulto ha permanecido prácticamente inalterado desde el Pleistoceno, algo que resulta un tanto difícil de creer, puesto que niega la plasticidad, que es también parte de nuestra herencia genética.

El cerebro recolector y cazador era tan plástico como el nuestro, y no se quedó «atascado» en el Pleistoceno, sino que fue capaz de reorganizar su estructura y sus funciones para adaptarse a un entorno cambiante. De hecho, fue esa capacidad del cerebro de modificarse a sí mismo lo que nos permitió salir del Pleistoceno, un proceso que el arqueólogo Steven Mithen ha dado en llamar «fluidez cognitiva» y que, me atrevería a afirmar, tiene su base en la plasticidad cerebral. Todos los módulos de nuestro cerebro son plásticos hasta cierto punto y pueden combinarse y diferenciarse en el curso de nuestras vidas individuales para desempeñar una serie de funciones, como en el experimento de Pascual-Leone, en el cual vendaba los ojos a personas demostrando que su lóbulo occipital, normalmente encargado de procesar la vista, podía procesar tacto y sonido. El cambio modular es necesario para adaptarse al mundo moderno, que nos expone a cosas que nuestros antepasados cazadores y recolectores jamás conocieron. Un estudio realizado con resonancia magnética demuestra que para identificar coches y camiones usamos el mismo módulo cerebral que para reconocer caras. Está claro que el cerebro cazador y recolector no evolucionó para reconocer coches y camiones. Es más probable que el mó-

dulo de la cara fuera el más idóneo para procesar estas formas —puesto que los faros podrían ser los ojos, el capó la nariz y la rejilla delantera, la boca— de manera que el cerebro plástico, con algo de entrenamiento y alteración estructural, podía procesar un coche usando el sistema de reconocimiento facial.

Los muchos módulos cerebrales que un niño debe usar para leer, escribir y usar un ordenador evolucionaron a lo largo de los siglos antes de la alfabetización. La expansión de la alfabetización ha sido tan rápida que no es posible que el cerebro desarrollara un módulo específico para la lectura, como tampoco que una tribu entera desarrollara un gen para un módulo lector en ese tiempo. Hoy día un niño, cuando aprende a leer, está reproduciendo todas las etapas atravesadas por la humanidad. Hace 30.000 años los hombres aprendieron a dibujar en las paredes de sus cuevas, una tarea que requería formar y fortalecer vínculos entre las funciones visuales (que procesan imágenes) y las motoras (que mueven la mano). A esta etapa siguió, hacia el año 3000 antes de Cristo, la invención de los jeroglíficos, que no eran más que imágenes estandarizadas usadas para representar objetos, lo que no suponía un cambio sustancial. A continuación estos jeroglíficos se convirtieron en letras y así se desarrolló el primer alfabeto fonético para representar sonidos y no imágenes. Este cambio requería que se fortalecieran las conexiones neuronales entre las diferentes funciones que procesan las imágenes de las letras, su sonido y su significado, así como funciones motoras que movieran el ojo a través de la página.

Tal y como descubrieron Merzenich y Tallal, en los escáneres cerebrales es posible distinguir circuitos lectores. Por lo tanto las costumbres culturales identitarias dieron lugar a circuitos también identitarios que nuestros ancestros no tenían. Según Merzenich, «nuestro cerebro es distinto al de aquellos humanos que nos antecedieron [...] El nuestro se modifica de forma sustancial, tanto física como funcionalmente, cada vez que adquirimos una nueva destreza o desarrollamos una nueva capacidad. Los cambios a gran escala están relacionados con nuestras especializaciones culturales modernas». Y aunque no todos usamos las mismas áreas cerebrales para leer, puesto que el cerebro es tan plástico, existen circuitos típicos para la lectura, la prueba física de que las costumbres culturales conducen a estructuras cerebrales modificadas.

POR QUÉ LOS HUMANOS SON LOS PRINCIPALES TRANSMISORES DE LA CULTURA

Sería lícito preguntarse por qué sólo los seres humanos, y no otros animales que también tienen cerebros plásticos, han desarrollado cultura. Es cierto, otros animales, como los chimpancés, poseen formas rudimentarias de cultura, pueden manejar herramientas y enseñar a sus hijos a usarlas, o realizar operaciones básicas con símbolos. Pero son capacidades muy limitadas. Tal y como apunta el neurocientífico Robert Sapolsky, la respuesta a la pregunta formulada está en una leve diferencia genética que existe entre nosotros y los chimpancés, con los que compartimos el 98 por ciento de nuestro ADN. El proyecto del genoma humano permitió a los científicos determinar con precisión qué genes eran diferentes, y resultó que uno de ellos es el gen que determina cuántas neuronas generaremos. Nuestras neuronas son básicamente idénticas a las de los chimpancés e incluso a las de los caracoles marinos. En el embrión, todas nuestras neuronas se generan a partir de una sola célula, que se va dividiendo sucesivamente en dos, cuatro, seis... así hasta que los seres humanos tienen alrededor de cien mil millones de neuronas. Hay un gen regulatorio que determina cuándo debe terminar este proceso de división, que es precisamente el que marca la diferencia entre nosotros y los chimpancés, pues en ellos el proceso se interrumpe antes, de manera que el tamaño de su cerebro es sólo una tercera parte del nuestro. El cerebro de los chimpancés es plástico, pero las diferencias cuantitativas hacen que en el nuestro se produzca «un número exponencialmente superior de interacciones», ya que cada neurona puede conectarse a miles de células.

Tal y como ha apuntado el científico Gerald Edelman, sólo en la corteza humana hay 30.000 millones de células y es capaz de realizar más de 50 billones de conexiones sinápticas. Edelman escribe: «Si consideramos el número de circuitos neuronales posibles estaríamos hablando de cifras astronómicas: un 10 seguido de al menos un millón de ceros (en el universo conocido existen aproximadamente un 10 seguido de 79 ceros de partículas)». Estas cifras abrumadoras explican por qué puede describirse el cerebro humano como la máquina más compleja que se conoce en el universo, y por qué es capaz de experimentar tantos y tan continuos cambios microestructurales y de realizar tantas funciones mentales

y conductas diferentes, incluida nuestra enorme variedad de manifestaciones culturales.

Una manera no darwiniana de alterar las estructuras biológicas

Hasta el descubrimiento de la neuroplasticidad, los científicos creían que la única manera de que el cerebro pudiera alterar su estructura era mediante la evolución de la especie que, en la mayoría de los casos, tarda muchos miles de años en producirse. Según las teorías de evolución moderna, las estructuras biológicas nuevas que se desarrollan en el cerebro son producto de mutaciones genéticas, generando variaciones en el *pool* genético. Si estas variaciones sobreviven la probabilidad de que se transmitan a generaciones sucesivas es elevada.

Pero la plasticidad crea una nueva forma —que está más allá de las mutaciones y de las variaciones genéticas— de introducir nuevas estructuras biológicas cerebrales en individuos por métodos no darwinianos. Cuando un padre lee, la estructura microscópica de su cerebro es alterada. A los niños se les enseña a leer, lo cual a su vez altera la estructura biológica de sus cerebros.

El cerebro es modificado de dos maneras. Por un lado, se alteran los detalles de los circuitos que conectan los distintos módulos. Pero lo mismo ocurre con los módulos cerebrales de los cazadores-recolectores originales porque, en el cerebro plástico, el cambio ocurrido en un área o una función determinadas «fluye» a través del cerebro alterando los módulos que están conectados a él.

Merzenich demostró que un cambio en la corteza auditiva —aumento en los índices de emisión de las neuronas— conduce a cambios en el lóbulo frontal conectado a ella y así afirma: «No es posible cambiar la corteza auditiva primaria sin alterar también lo que ocurre en la corteza frontal. Es absolutamente imposible». El cerebro no tiene un conjunto de reglas plásticas para una de sus partes y otro distinto para otra (si fuera así, las distintas partes del cerebro no podrían interactuar). Cuando dos módulos se vinculan de alguna manera como producto de una manifestación cultural —como cuando la lectura vincula los módulos visual y auditivo— los módulos para ambas funciones resultan modificados, formando un nuevo todo mayor que la suma de sus partes. Una visión

del cerebro que integre plasticidad y localizacionismo ve a éste como el sistema complejo en el que, según argumenta Gerald Edelman, «las partes más pequeñas forman un conjunto heterogéneo de componentes que son más o menos independientes. Pero conforme estas partes se conectan las unas con las otras en conjuntos cada vez mayores, sus funciones tienden a integrarse generando nuevas funciones que pasan a depender de un orden superior».

De igual modo, cuando un módulo falla, otros conectados a él resultan alterados. Cuando perdemos uno de nuestros sentidos —por ejemplo, el oído— los otros sentidos se vuelven más activos y se agudizan para compensar la pérdida. Pero aumentan no sólo la *cantidad* de la información que procesan sino también la *calidad*, asemejándose cada vez más al sentido perdido. Los investigadores de plasticidad Helen Neville y Donald Lawson (midiendo índices de emisión de neuronas para determinar qué sectores del cerebro son más activos) encontraron que las personas sordas intensificaban su visión periférica para compensar el hecho de que no pueden oír ruidos llegados desde la distancia. Las personas que oyen con normalidad utilizan su corteza parietal, cercana a la parte superior del cerebro, para procesar la visión periférica, mientras que los sordos usan su corteza visual, en la parte posterior del cerebro. Los cambios en un módulo —en este caso una disminución de la entrada de información— conducen a cambios estructurales y funcionales en otro módulo, de manera que los ojos de un sordo pasan a convertirse en una suerte de oídos, con mayor capacidad para percibir la periferia.

PLASTICIDAD Y SUBLIMACIÓN: CÓMO CIVILIZAMOS NUESTROS INSTINTOS ANIMALES

El principio según el cual los módulos que trabajan juntos se modifican los unos a los otros puede ayudar a explicar cómo es posible que en nosotros, los humanos, donde conviven instintos depredadores y de dominación (procesados por módulos relacionados con el instinto) y tendencias cognitivo-cerebrales (procesadas en los módulos de la inteligencia) —como ocurre cuando practicamos juegos de competición tipo ajedrez, o en concursos artísticos—, seamos capaces de realizar actividades que aúnen lo instintivo y lo intelectual. Una de estas actividades sería la llamada

«sublimación», un proceso hasta ahora misterioso por el cual los instintos criminales más primitivos se tornan «civilizados». Nunca se ha sabido cómo se produce la sublimación. Claramente, la paternidad tiene mucho de «civilizar» niños, al enseñarles a contener o canalizar estos instintos en expresiones socialmente aceptables, tales como deportes de contacto, juegos de tablero y de ordenador, teatro, literatura y arte. En deportes agresivos como el rugby, el hockey, el boxeo y el fútbol, los aficionados a menudo dan rienda suelta a deseos más violentos (¡Mátalo! ¡Aplástalo! ¡Cómetelo vivo!, etcétera) pero las reglas del civismo modifican la expresión del instinto, de manera que si su equipo gana, los aficionados se marchan satisfechos.

Durante más de un siglo los pensadores influidos por Darwin admitían que el hombre tiene instintos primitivos innatos, pero eran incapaces de explicar cómo se producía la sublimación de dichos instintos. Neurólogos del siglo XIX como John Hughlings Jackson y el joven Freud, siguiendo las teorías de Darwin dividían el cerebro en zonas «bajas», que compartimos con los animales y que se ocupan de procesar nuestros instintos más primitivos, y zonas «altas» o superiores, que son específicamente humanas y se encargan de inhibir la expresión de nuestros instintos primitivos. De hecho, Freud creía que la civilización es posible gracias a la inhibición parcial de los instintos sexuales y violentos. También creía que los humanos podemos llevar esta represión demasiado lejos, favoreciendo la aparición de neurosis. La solución idónea, por tanto, era expresar estos instintos de una manera que resultara aceptable e incluso recompensable para nuestros semejantes, lo que era posible gracias a que los instintos, al ser plásticos, podían cambiar el cerebro. Freud llamó a este proceso «sublimación» aunque, tal y como él admitía, no era capaz de explicar de forma satisfactoria la manera en que un instinto puede ser transformado en algo más cerebral.

El cerebro plástico es la respuesta al enigma de la sublimación. Áreas cerebrales que evolucionaron para desarrollar tareas propias del cazador-recolector, tales como seguir el rastro a una presa pueden, al ser plásticas, ser sublimadas, convertidas en juegos de competición, puesto que nuestro cerebro ha evolucionado hasta vincular distintos grupos y módulos neuronales de formas nuevas. No hay razón para que neuronas de la parte instintiva de nuestro cerebro no puedan vincularse a las cognitivas-cerebrales y a nuestros

centros de placer, de forma que, literalmente, se asocian para formar nuevos todos. Estos todos son más que, y diferentes de, las suma de sus partes. Recordemos que Merzenich y Pascual-Leone argumentaban que una de las reglas fundamentales de la plasticidad cerebral es que cuando dos áreas empiezan a interactuar, *se influyen mutuamente y forman un nuevo todo*. Cuando un instinto, como el cazador, se vincula a una actividad más «civilizada», como acorralar a un oponente frente a un tablero de ajedrez, y las redes neuronales del instinto y de la actividad intelectual también se vinculan, las dos actividades parecen moderarse mutuamente, de manera que el ajedrez deja de ser una persecución sangrienta, aunque conserva gran parte de la emoción propia de la caza. La dicotomía entre instinto y cerebro empieza a desaparecer. Cada vez que las zonas «altas» y «bajas» se transforman mutuamente para crear un nuevo todo, se produce lo que llamamos sublimación.

La civilización es un conjunto de técnicas mediante las cuales el cerebro del cazador-recolector aprende a reorganizarse a sí mismo. Y este frágil equilibrio entre funciones cerebrales «altas» y «bajas» se rompe cuando estallan guerras fratricidas en las que salen a la luz los instintos más brutales y primitivos, y el robo, la violencia o el asesinato se convierten en algo cotidiano. Puesto que el cerebro plástico siempre puede hacer que funciones que ha unido se vuelvan a separar, la regresión a la barbarie siempre es posible, y la civilización siempre será algo frágil y vulnerable que debe enseñarse con cada generación, como si de algo nuevo se tratara.

Cuando el cerebro queda atrapado entre dos culturas

El cerebro culturalmente modificado está sujeto a la paradoja plástica (explicada en el capítulo IX «Reconocer a nuestros fantasmas»), que nos hace bien más flexibles o más rígidos, lo que supone un gran problema en un mundo multicultural.

La emigración es dura para el cerebro plástico. El proceso de adquisición de una nueva cultura —la aculturación— es una experiencia «sumatoria» en la que se aprenden nuevas cosas y se hacen nuevas conexiones neuronales conforme «adquirimos» la cultura. La plasticidad sumatoria o aditiva ocurre cuando los cambios en el cerebro implican «deshacerse de cosas», como cuando el cerebro adolescente elimina algunas neuronas y cuando las neuronas

que no se usan se pierden. Cada vez que el cerebro plástico adquiere cultura y la usa repetidamente tiene que pagar un precio: perder parte de su estructura neuronal, porque la plasticidad es competitiva.

Patricia Kuhl, de la Universidad de Washington en Seattle, ha realizado estudios de ondas cerebrales que demuestran que los bebés son capaces de percibir *cualquier* diferencia sonora existente entre los miles de lenguajes que se hablan en el mundo. Pero una vez el periodo crítico de la corteza auditiva se cierra, un bebé educado en una sola cultura pierde la capacidad de percibir muchos de estos sonidos y las neuronas que no usa se van perdiendo hasta que el mapa cerebral queda dominado por el lenguaje de su propia cultura. Ahora este cerebro es impermeable a miles de sonidos. Un bebé japonés de seis meses es capaz de percibir la distinción entre erre y ele tan bien como un bebé español. Al cumplir un año ya no. Si más tarde ese niño emigrara, tendría dificultades para oír y pronunciar los nuevos sonidos de manera correcta.

La emigración supone por lo general un esfuerzo ímprobo para el cerebro adulto, ya que requiere enormes dosis de reorganización de una gran superficie de la corteza cerebral. Se trata de algo mucho más complejo que simplemente aprender una nueva lengua, porque la nueva cultura entra en competencia plástica con redes neuronales que han tenido su periodo crítico de desarrollo en la cultura nativa. La asimilación completa requiere, por norma general, al menos una generación. Sólo los hijos de inmigrantes que viven su periodo crítico en la nueva cultura pueden aspirar que el proceso de adquisición de la misma sea menos traumático. Para la mayoría, el choque cultural supone también un choque cerebral.

Las diferencias culturales son tan persistentes porque cuando nuestra cultura original es aprendida y estructurada en nuestro cerebro se convierte en una «segunda naturaleza», algo tan «natural» como muchos de los instintos con los que nacemos. Los gustos que genera nuestra cultura —gastronómicos, de modelo familiar, de relaciones amorosas o de tipo de música— a menudo nos parecen «naturales», a pesar de ser adquiridos. Las reglas de nuestra comunicación no verbal —la distancia a la que nos colocamos de otra persona cuando hablamos con ella, el ritmo y el volumen de nuestra conversación, cuánto tiempo esperamos antes de interrumpir una conversación— todos nos parecen naturales porque están profundamente imbricados en nuestro cerebro. Cuando cambiamos de

cultura nos asombramos al descubrir que esas costumbres no son en absoluto naturales. De hecho, incluso cuando vivimos un cambio menor, como mudarnos a una casa nueva, descubrimos que algo tan básico como nuestro sentido espacial, que encontramos algo natural, así como numerosas rutinas de las que ni siquiera éramos conscientes, deben ser alteradas poco a poco mientras el cerebro se reorganiza.

El sentido y la percepción son plásticos

El «aprendizaje perceptivo» es el que se produce cuando el cerebro aprende a percibir con mayor agudeza o, como le ocurre a los nómadas marinos de Mergui, de forma distinta, y en el proceso genera nuevos mapas y estructuras mentales. El aprendizaje perceptual también participa en los cambios estructurales relacionados con la plasticidad que se dan cuando el programa de Merzenich *Fast ForWord* ayuda a niños con problemas de discriminación auditiva a desarrollar mapas más refinados, de manera que son capaces de distinguir el lenguaje con normalidad por primera vez.

Durante mucho tiempo se ha dado por hecho que absorbemos la cultura mediante un equipamiento perceptual universal y estandarizado, pero el aprendizaje perceptual demuestra que esta asunción no es del todo precisa. *El grado hasta el cual la cultura determina lo que somos o no capaces de percibir es mucho mayor.*

Una de las primeras personas que empezó a pensar en cómo la plasticidad debe cambiar nuestra forma de pensar acerca de la cultura fue el neurocientífico cognitivo canadiense Merlin Donald quien, en 2000 afirmó que la cultura cambia nuestra arquitectura cognitiva *funcional*, lo que quiere decir que, cuando leemos y escribimos, nuestras funciones mentales se reorganizan. Ahora sabemos que para que esto suceda las estructuras anatómicas deben cambiar también. Donald también argumentaba que actividades culturales complejas como aprender a escribir en el nuevo idioma cambian algunas funciones cerebrales, pero no las básicas, como la vista y la memoria. Tal y como él lo explicaba: «No estoy sugiriendo que la cultura determine cosas tan fundamentales como la vista o la capacidad de memorizar. Sin embargo, es obvio que no se puede decir lo mismo de la arquitectura funcional para la lectura y la escritura ni tampoco para la capacidad de hablar».

Y sin embargo, en los pocos años transcurridos desde esta afirmación se ha hecho evidente que incluso funciones cerebrales tan básicas como el procesamiento visual y la capacidad de memorizar son, hasta cierto punto, neuroplásticas. La idea de que la cultura pueda alterar actividades tan básicas como la vista y la percepción es bastante radical. Mientras que casi la totalidad de los especialistas en ciencias de la sociedad —antropólogos, sociólogos, psicólogos— admiten que cada cultura interpreta el mundo de una manera diferente, la mayoría de los científicos y de la gente de a pie han dado por hecho durante miles de años que —tal y como lo explica el psicólogo social de la Universidad de Michigan Richard E. Nisbett— «allí donde las gentes de una cultura difieren de las de otra en sus creencias, no puede deberse a que tienen procesos cognitivos diferentes, sino a que han sido expuestos a distintos aspectos del mundo, o a que les han enseñado cosas diferentes». El psicólogo europeo más famoso de mediados del siglo XX, Jean Piaget, estaba convencido de haber demostrado, mediante una serie de brillantes experimentos con niños europeos, que la percepción y el razonamiento se desarrollan de igual modo en todos los seres humanos, y que estos procesos son universales. Es cierto, viajeros, estudiosos y antropólogos llevaban siglos observando que los pueblos del este (asiáticos influidos por las tradiciones chinas) y los del oeste (herederos de la tradición grecolatina) perciben de maneras diferentes, pero los científicos asumían que estas diferencias se debían a *interpretaciones* diferentes de lo que veían y no a diferencias microscópicas en sus estructuras perceptuales.

Así, por ejemplo, a menudo se observó que los occidentales se enfrentaban al mundo desde una perspectiva analítica, dividiendo lo que observaban en partes individuales. Los orientales en cambio tienden a verlo como «un todo» y dan especial importancia a la relación entre las cosas. También se observó que los distintos estilos cognitivos del oeste (analítico) y el este (holístico) tenían su equivalente en diferencias entre los dos hemisferios cerebrales: el izquierdo tiende a procesar información más secuencial y analítica, mientras que el derecho a menudo se ocupa de procesamiento holístico. ¿Acaso estas maneras distintas de ver el mundo estaban causadas por diferentes interpretaciones de lo visto o es que los orientales y los occidentales ven cosas diferentes?

La respuesta no estaba clara, dado que casi todos los estudios de percepción habían sido realizados por occidentales y con occi-

dentales (casi siempre profesores y alumnos respectivamente), hasta que Nisbett diseñó una serie de experimentos para comparar la percepción en el este y el oeste, trabajando con colegas de Estados Unidos, Corea, China y Japón. Nisbett se embarcó en estos experimentos no sin escepticismo, ya que estaba convencido de que todos percibimos y razonamos de la misma manera.

En uno de los experimentos, un estudiante japonés de Nisbett, Take Masuda, mostró a estudiantes de Estados Unidos y Japón ocho animaciones gráficas de peces nadando bajo el agua. Cada escena tenía un «pez focal» que se movía más rápido o era más grande, más brillante o destacaba de alguna manera entre los demás.

Cuando se les pidió que describieran la escena, los estadounidenses en su mayoría hicieron referencia al «pez focal»; en cambio los japoneses hablaron de los peces más pequeños, las rocas, plantas y los animales de fondo un 70 por ciento más que los estadounidenses. A continuación se mostró a los sujetos del estudio algunos de estos objetos de forma individual ya no como parte de la escena original. Los estadounidenses reconocieron los objetos, hubieran estado o no en el escenario original; en cambio a los japoneses les resultaba más fácil hacerlo si el objeto estaba solo. Lo percibían en términos de su «contexto». Nisbett y Masuda también midieron la velocidad con la que los sujetos reconocían cada objeto, es decir, midieron hasta qué punto su percepción procesual era *automática*. Cuando se colocaba a los objetos en un nuevo fondo, los japoneses se equivocaban, pero los estadounidenses no. Estos aspectos de percepción no están bajo nuestro control consciente y dependen de circuitos neuronales y mapas cerebrales previamente entrenados.

Estos experimentos y muchos otros similares confirman que los orientales tienen una percepción fundamentalmente holística en la que ven cada objeto en función de su relación con lo que le rodea, o contexto, mientras que los occidentales los ven de forma aislada. En otras palabras, los orientales ven el mundo con unas gafas de ángulo ancho, mientras que las de los occidentales con ángulo estrecho y con una capacidad de enfoque más aguda. Todo lo que sabemos sobre plasticidad sugiere que estas maneras distintas de percepción, repetidas cientos de veces al día, debe por fuerza generar cambios en las redes neuronales responsables de sentir y percibir. Escáneres cerebrales de alta resolución realizados a orientales y occidentales podrían muy bien confirmar esta hipótesis.

Experimentos posteriores realizados por el equipo de Nisbett confirman que cuando las personas cambian de cultura aprenden una nueva manera de percibir lo que les rodea. Después de varios años en Estados Unidos, los japoneses empiezan a percibir de forma idéntica a los estadounidenses, lo que demuestra que las diferencias de percepción no son genéticas. Los hijos de inmigrantes asiático-americanos perciben de una manera que refleja sus dos culturas. Puesto que en casa están sujetos a influencias orientales y en el colegio a occidentales, procesan las escenas de manera holística y en ocasiones se centran en objetos prominentes. Otros estudios demuestran que personas educadas en un entorno bicultural alternan percepciones occidental y oriental. Los habitantes de Hong Kong, al haber vivido bajo la influencia británica y china, han demostrado ser capaces de percibir de una y otra manera en el curso de experimentos donde se les mostraba una imagen occidental del Capitolio o de Mickey Mouse, o una imagen oriental de un templo o un dragón. Nisbett y sus colegas están por tanto llevando a cabo los primeros experimentos que prueban el «aprendizaje perceptual» con cruce de culturas.

La cultura puede influir el desarrollo de aprendizaje perceptual porque la percepción no es (como suponemos) un proceso pasivo y «ascendente» que se inicia cuando la energía de lo que nos rodea entra en contacto con nuestros sentidos y a continuación envía señales a los centros perceptuales «superiores» del cerebro. El cerebro perceptivo es activo y está continuamente reajustándose. Ver es algo tan activo como tocar, cuando pasamos los dedos por un objeto tratando de identificar su textura y su forma. De hecho, el ojo por sí solo es literalmente incapaz de percibir un objeto complejo. Tanto nuestra corteza sensorial como la motora participan siempre en la percepción. Los neurocientíficos Manfred Fahle y Tomasso Poggio han demostrado por medio de experimentos que los niveles de percepción «superiores» afectan el desarrollo del cambio neuroplástico en las zonas sensoriales «inferiores» del cerebro.

El hecho de que diferentes culturas tengan diferentes modos de percibir no prueba que todos los actos perceptivos sean iguales ni que «todo sea relativo» en lo que concierne a la percepción. Está claro que algunos contextos requieren puntos de vista más precisos y otros más generales u holísticos. Los nómadas marinos han sobrevivido usando una combinación de su experiencia en el mar

y su percepción holística del mundo. Tan profundo es su conocimiento de los estados de ánimo del mar que cuando se produjo el tsunami en el océano Índico el 26 de diciembre de 2004 causando cientos de miles de víctimas, todos sobrevivieron. Observaron que las aguas habían empezado a retroceder de forma extraña y que a este retroceso seguía una ola especialmente pequeña; vieron como los delfines nadaban hacia aguas profundas mientras que los elefantes salían en estampida hacia tierras más altas y notaron que cesaba el canto de las cigarras. Recordaron la vieja historia sobre «la ola que se come a las personas», y decidieron que había llegado de nuevo. Mucho antes de que los científicos hubieran identificado todas estas señales, todos los nómadas habían huido a la orilla, en busca de las tierra más altas, o habían navegado hasta aguas más profundas, donde también sobrevivieron. Lo que fueron capaces de hacer, al contrario que las gentes bajo la influencia de la ciencia analítica moderna, es analizar todas las señales por separado y situarlas en un contexto general, empleando para ello unas lentes de visión ancha, excepcionales incluso para la percepción oriental media. De hecho, marinos birmanos que estaban en el mar cuando se produjo el tsunami no sobrevivieron. Alguien le preguntó a un nómada marino por qué había sido así, y éste contestó:

—Estaban buscando calamares. No miraban lo que estaba pasando. No veían nada, no miraban. No saben mirar.

NEUROPLASTICIDAD Y RIGIDEZ SOCIAL

Bruce Wexler, psiquiatra e investigador de la universidad de Yale, argumenta en su libro *Brain and Culture* [Cerebro y cultura] que la pérdida de neuroplasticidad que trae consigo la edad puede ser la explicación de muchos fenómenos sociales. Durante la infancia nuestro cerebro se adapta al mundo que lo rodea, desarrollando estructuras neurofisiológicas que incluyen nuestra representación de la realidad. Estas estructuras forman la base neuronal de todos nuestros hábitos perceptivos y creencias, hasta las ideologías más complejas. Como todos los fenómenos plásticos, estas estructuras tienden a reforzarse con la repetición hasta convertirse en algo constante.

Conforme envejecemos la plasticidad disminuye y nos resulta cada vez más difícil cambiar en función de la realidad que nos rodea, aunque queramos. Los estímulos que nos son familiares nos

resultan más placenteros; buscamos la compañía de personas que piensen de forma similar a nosotros y las investigaciones concluyen que tendemos a ignorar, olvidar o descartar información que no se corresponda con nuestra visión del mundo, porque pensar de forma diferente nos supone un esfuerzo y un trastorno. El individuo que envejece actúa cada vez más buscando preservar sus estructuras neurocognitivas internas, y cuando éstas no coinciden con la realidad externa busca cambiar las cosas. Poco a poco empieza a microcartografiar su entorno, a controlarlo y a hacerlo familiar. Pero este proceso a menudo favorece que determinados grupos culturales intenten imponer su visión del mundo a otras culturas, y pueden volverse violentos, en especial en el mundo moderno, en el que la globalización ha acercado a culturas muy distintas entre sí, exacerbando el problema. Por eso, afirma Wexler, gran parte de los conflictos culturales que se dan en la actualidad son producto de la pérdida relativa de neuroplasticidad.

Cabría añadir que los regímenes totalitarios parecen tener un conocimiento intuitivo de que, llegadas a cierta edad, a las personas les resulta difícil cambiar, y por eso dedican tantos esfuerzos a adoctrinar a los más jóvenes. Por ejemplo, en Corea del Norte, el régimen totalitario más cerrado que existe en la actualidad, los niños van a colegios internos desde los 2 años y medio a los 4. Pasan prácticamente cada hora del día inmersos en el culto al dictador Kim Jong Il y al padre de éste, Kim Il Sung. Sólo pueden ver a sus padres durante los fines de semana y prácticamente cada historia que escuchan es sobre su líder. El 40 por ciento de los libros de texto de la escuela primaria está dedicado a describir a los dos Kims. Estas prácticas continúan durante todo el periodo de escolarización. El odio al enemigo es instigado también mediante la repetición de ejercicios, de manera que en los niños se forma un circuito cerebral que vincula automáticamente la percepción del «enemigo» con emociones negativas. Un típico problema de matemáticas sería algo así: «Tres soldados del Ejército Popular de Corea mataron a 30 soldados norteamericanos. ¿A cuántos soldados norteamericanos mató cada uno, si todos mataron un número igual de soldados?». Estas redes emocionales perceptuales, una vez establecidas en el cerebro de alguien adoctrinado, no sólo conducen a «diferencias de opinión» entre esta persona y sus adversarios, sino también a diferencias anatómicas producidas por la plasticidad, que son mucho más difíciles de combatir.

El énfasis de Wexler es en la relativa pérdida de plasticidad en edades avanzadas, pero debemos añadir que algunas prácticas empleadas en determinadas sectas, que obedecen a las reglas de la neuroplasticidad, demuestran que es posible alterar la identidad individual de un adulto, en ocasiones incluso en contra de su voluntad. Se pueden destruir las estructuras neurocognitivas de las personas y sustituirlas por otras nuevas controlando sus vidas diarias hasta el más mínimo detalle, y también se puede condicionar su comportamiento de acuerdo a un sistema de castigo y recompensa, así como someterlas a prácticas en masa en las que se les obliga a repetir verbal o mentalmente una serie de afirmaciones ideológicas. En algunos casos, este proceso de lavado de cerebro puede llevarlos a «desaprender» sus estructuras mentales preexistentes, tal y como ha observado Walter Freeman. Estas situaciones tan poco deseables no podrían darse si el cerebro no fuera plástico.

El cerebro vulnerable y la influencia de los medios de comunicación

> «Internet expone a los hombres y mujeres contemporáneos a millones de cosas que hace mil años eran por completo inaccesibles para el ser humano medio. Esta exposición hace que nuestro cerebro se remodele por completo, como también lo hacen la lectura, la televisión, los videojuegos, los aparatos electrónicos modernos, la música contemporánea, las «herramientas» contemporáneas, etcétera».
>
> MICHAEL MERZENICH, 2005

Hemos visto varias de las razones por las que la neuroplasticidad no se descubrió antes, tales como la ausencia de una ventana física al cerebro y las versiones más simplistas del localizacionismo. Pero existe otra razón por la que no fue reconocida antes y que resulta especialmente relevante para el cerebro culturalmente modificado. Casi todos los neurocientíficos, tal y como escribe Merlin Donald, veían el cerebro como un órgano aislado, casi como si estuviera dentro de una caja, y creían que «la mente existe y se desarrolla sólo en la cabeza y que su estructura básica viene dada biológica-

mente». Los behavioristas y muchos biólogos suscribieron esta teoría. Entre los que la rechazaron estaban los expertos en psicología evolutiva, que por lo general han sido receptivos a la manera en que las influencias externas pueden dañar el desarrollo saludable del cerebro.

Ver la televisión, una de las actividades que definen nuestra cultura, está relacionado con los problemas cerebrales. Un estudio reciente de más de 2.600 niños de edades comprendidas entre 1 y 3 años demuestra que los que ven la televisión pueden tener problemas de atención y de control de los impulsos en etapas posteriores de la infancia. Por cada hora de televisión diaria que estos niños ven, sus posibilidades de desarrollar graves problemas de atención a los 7 años se incrementaban en un 10 por ciento. Este estudio, tal y como argumenta el psicólogo Joel T. Nigg, no tiene en cuenta otros factores que pueden influir en la correlación entre ver la televisión y los problemas de atención posteriores. Podría argüirse que los padres de niños con mayores problemas de atención recurren más al televisor. Sin embargo, las conclusiones del estudio no dejan de ser sugerentes y, dado el aumento en el número de horas que los niños pasan frente a la pantalla, merecería ser investigado en profundidad. El 43 por ciento de los niños estadounidenses de 2 o menos años ven la televisión todos los días, y una cuarta parte de ellos tiene un televisor en su habitación. Unos veinte años después de que la televisión se hubiera convertido en un electrodoméstico habitual, los maestros de niños pequeños empezaron a notar que sus alumnos se volvían más inquietos y presentaban mayores problemas de atención. La educadora Jane Healy documentó estos cambios en su libro *Endangered Minds* [Mentes en peligro], sugiriendo que podían ser producto de alteraciones en el cerebro infantil. Cuando esos niños llegaban a la Universidad, sus profesores se quejaban de tener que bajar el nivel de sus clases año tras año, porque los alumnos se sentían cada vez más intimidados por las lecturas extensas y necesitaban en cambio frases cortas y sonoras, del tipo de las que se emplean en publicidad. Mientras tanto, el problema se atribuía a una «inflación en las calificaciones» y se trataba de solucionar aumentando el número de ordenadores por aula e intentando aumentar la memoria RAM de éstos en lugar de la memoria y la capacidad de atención de los alumnos. El psiquiatra de Harvard Edward Hallowell, experto en desorden de déficit de atención (DDA), que es genético, ha vinculado los medios electró-

nicos al aumento de rasgos propios del déficit de atención, que no son genéticos, en una gran parte de la población. Por su parte, Ian H. Robertson y Redmond O'Conell han obtenido resultados prometedores empleando ejercicios mentales para tratar el DDA y, si eso es posible, entonces tenemos motivos para confiar que puedan tratarse también lo que son sólo rasgos.

La mayoría de la gente cree que los peligros de los medios de comunicación son resultado del contenido de los mismos. Pero Marshall McLuhan, el canadiense fundador de los estudios de los medios de comunicación en la década de 1950 y que predijo el nacimiento de Internet veinte años antes de que se inventara, fue el primero en intuir que los medios de comunicación cambian nuestro cerebro al margen de sus contenidos y autor de la famosa frase: «El medio es el mensaje». Lo que quería decir McLuhan era que cada medio organiza nuestra mente y nuestro cerebro de una manera distinta y que cada una de estas reorganizaciones es más significativa que los efectos de su contenido o «mensaje».

Erica Michael y Marcel Just de la Carnegie Mellon University realizaron un estudio con escáneres cerebrales para comprobar si el medio es, en efecto, el mensaje y demostraron que en los procesos de leer y escuchar intervienen áreas cerebrales distintas y *centros de comprensión diferentes*. Tal y como Just escribió: «El cerebro construye el mensaje [...] de forma diferente si lo lee o lo escucha. La implicación práctica de esto es que el medio es parte del mensaje. Escuchar un audiolibro genera un tipo de recuerdos distintos que leerlo. Escuchar una noticia en la radio es distinto a leerla en un periódico, aunque las palabras sean las mismas». Este descubrimiento refuta la teoría convencional de la comprensión, según la cual hay un único centro cerebral que se encarga de comprender las palabras y no importa cómo (con qué sentido o por qué medio) le llegue la información, porque será procesada de la misma manera y en el mismo lugar. El experimento de Michael y Just prueba que cada medio crea una experiencia sensora y semántica distinta. Y, cabría añadirse, desarrolla circuitos diferentes en el cerebro.

Cada medio genera una alteración en el equilibrio de nuestros sentidos, potenciando unos en detrimento de los demás. Según McLuhan el hombre, antes de la alfabetización, vivía con un equilibrio «natural» entre el oído, la vista, el olfato y el gusto, y la palabra escrita transformó su mundo eminentemente sonoro en uno

visual, al pasar del habla a la escritura. La aparición de la imprenta aceleró este proceso pero ahora, los medios electrónicos están devolviéndonos al sonido y, de alguna manera, restituyendo el equilibrio original. Cada nuevo medio crea una nueva forma de conciencia, en la que algunos sentidos son potenciados y otros reducidos. McLuhan escribió: «Gracias a los trabajos de Pascual-Leone con personas a las que se vendó los ojos sabemos cuán rápidas pueden ser las reorganizaciones cerebrales».

Decir que un medio cultural como la televisión, la radio o Internet, altera el equilibrio de los sentidos no prueba el que sean perniciosos. Muchos de los daños derivados de la televisión y otros medios electrónicos, como los vídeos musicales o los juegos de ordenador, se deben al efecto que producen sobre la atención. Niños y adolescentes que se sientan frente a la pantalla a jugar están ejercitando el cerebro, lo que les reporta beneficios. Los videojuegos, como la pornografía por Internet, reúnen todas las condiciones necesarias para que se produzcan cambios en los mapas cerebrales. Un equipo del hospital Hammersmith, en Londres, diseñó un videojuego en el que un tanque dispara al adversario y esquiva el fuego enemigo. El experimento demostró que estos juegos favorecen la segregación de dopamina, el neurotransmisor que también se libera cuando se consumen drogas. Las personas adictas a los videojuegos muestran todos los síntomas propios de las adicciones: euforia cuando están frente al ordenador y una tendencia a negar o minimizar su grado de adicción.

La televisión, los vídeos musicales y los videojuegos, todos los cuales emplean técnicas televisivas, suceden a un ritmo mucho más rápido que la vida real y cada vez son más veloces, lo que produce en quienes los usan un apetito cada vez mayor de transmisiones de alta velocidad en los medios de comunicación. Es la *forma* del medio televisivo —los cortes, los zooms y los ruidos repentinos— lo que altera el cerebro, y activa lo que Pavlov llamó la «respuesta orientadora», que se produce cada vez que percibimos un cambio inesperado en nuestro entorno, en especial si es un movimiento. Entonces, instintivamente abandonamos lo que estamos haciendo y dirigimos nuestra atención a lo que hemos visto u oído. La respuesta orientadora evolucionó, sin duda, porque nuestros antepasados eran depredadores pero también presas, y necesitaban poder reaccionar ante situaciones potencialmente peligrosas u oportunidades de comer, tener sexo o, simplemente para adaptarse a si-

tuaciones nuevas. Es una respuesta fisiológica, en la que el ritmo cardiaco se decelera durante cuatro o cinco segundos. La televisión genera este tipo de respuestas con mayor velocidad que cualquier situación real, por eso nos resulta tan difícil apartar la vista de la pantalla incluso si estamos en mitad de una conversación íntima, y por eso la gente ve la televisión más de lo que tienen intención de hacer. Porque los vídeos musicales, las secuencias de acción y los anuncios televisivos desencadenan respuestas orientadoras a razón de una por minuto, y verlos nos coloca en una situación de respuesta orientadora continua, sin tiempo para recuperarnos. Por eso no es de extrañar que mucha gente afirme sentirse agotada después de ver la televisión. Y sin embargo nos adaptamos a ella y cuando el ritmo es más lento nos aburrimos. Y el resultado es que actividades como leer, mantener conversaciones complejas o escuchar conferencias o clases nos resultan más difíciles.

McLuhan llegó a la conclusión de que los medios de comunicación son, al mismo tiempo, una prolongación de nosotros mismos y una herramienta de implosión. Lo primero parece evidente: la escritura es una extensión de la memoria, cuando ponemos por escrito nuestros pensamientos; el coche es una extensión de las piernas, las ropas, de la piel. Los medios electrónicos son extensiones de nuestro sistema nervioso: el telégrafo, la radio y el teléfono extienden el radio de alcance del oído humano; la cámara de televisión es una extensión del ojo y de la vista; el ordenador, de la capacidad de procesamiento de nuestro sistema nervioso central. Y, según McLuhan, el proceso de extender nuestro sistema nervioso también lo altera.

El efecto implosivo de los medios en nosotros, la manera en que afectan nuestro cerebro, es menos evidente, pero hemos visto ejemplos de ello. Cuando Merzenich y sus colegas inventaron el implante coclear, un medio que trasforma las ondas sonoras en impulsos nerviosos, el cerebro de uno de los pacientes implantados se reorganizó para ser capaz de leer dichos impulsos.

Fast ForWord es un medio que, como la radio o un juego de ordenador interactivo, transmite lenguaje, sonidos e imágenes reorganizando el cerebro de manera radical. Cuando Bach-y-Rita conectó a sus pacientes a una cámara y éstos fueron capaces de percibir formas, caras y perspectivas, demostró que el sistema nervioso puede pasar a formar parte de un sistema electrónico mayor. Todos los aparatos electrónicos reorganizan el cerebro. Las personas habi-

tuadas a escribir con el ordenador a menudo se sienten perdidas cuando tienen que escribir a mano o dictar, porque sus cerebros no están estructurados para trasladar pensamientos a caligrafía o a lenguaje hablado a gran velocidad. Conforme nos habituamos a usar un medio electrónico, nuestro sistema nervioso se extiende hacia fuera, y el medio se extiende hacia nuestro interior.

Los medios electrónicos son tan efectivos a la hora de alterar el sistema nervioso porque ambos trabajan de manera similar y son básicamente compatibles y, por tanto, se combinan con facilidad. Ambos implican transmisión instantánea de señales eléctricas para establecer conexiones. Debido a que nuestro sistema nervioso es plástico, puede aprovechar su compatibilidad y fundirse con los medios electrónicos formando un único sistema de mayor tamaño. De hecho, lo que define a dichos sistemas, ya sean biológicos o fabricados por el hombre, es su capacidad de fusionarse. El sistema nervioso también es un medio de comunicación interno, que transmite mensajes de un área del cuerpo a otra, y evolucionó hasta poder hacer para nosotros, organismos multicelulares, lo que los medios electrónicos hacen para la humanidad: conectar unas partes con otras. McLuhan expresó esta extensión electrónica del sistema nervioso y el yo en términos cómicos: «El hombre está empezando a llevar su cerebro fuera del cráneo y los nervios por encima de la piel». En una frase ya famosa, dijo: «Hoy, cuando llevamos más de un siglo de tecnología electrónica, hemos prolongado nuestro sistema nervioso central en un abrazo global, anulando el tiempo y el espacio en lo que concierne a nuestro planeta». El espacio y el tiempo se anulan porque los medios electrónicos unen puntos geográficos distantes entre sí de forma instantánea, creando lo que conocemos como «aldea global». Esta prolongación es posible porque nuestro sistema nervioso plástico tiene la capacidad de integrarse con el sistema electrónico.

Apéndice 2

La plasticidad cerebral y la idea del progreso

La noción del cerebro como algo plástico surgió varias veces en el pasado, en breves intervalos, para después desaparecer. Pero aunque ahora está integrada en la corriente científica dominante, estas apariciones tempranas dejaron un rastro y favorecieron una receptividad a la idea, a pesar de la enorme oposición a la que cada uno de los neuroplásticos que la propuso tuvo que enfrentarse por parte de sus colegas.

Ya en 1762 el filósofo suizo Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), que se oponía a la visión mecanística de la naturaleza predominante en su época, argumentó que la naturaleza está viva, tiene una historia detrás y cambia con el tiempo. Según Rousseau, nuestro sistema nervioso no es como una máquina, sino un organismo vivo y capaz de cambiar. En su libro *Émile o la educación* —el primer estudio detallado que existe sobre el desarrollo infantil— proponía que la experiencia individual afecta a la «organización del cerebro» y que es necesario «ejercitar» los sentidos y capacidades mentales igual que ejercitamos los músculos. Rousseau mantenía que incluso nuestras emociones y nuestras pasiones son, en gran medida, algo aprendido en la infancia. Se imaginó una transformación radical de la educación y la cultura humanas, sobre la premisa de que muchos aspectos de nuestra naturaleza que consideramos fijos son, en realidad, maleables, y que esta maleabilidad es uno de los rasgos que definen el ser humano. Escribió: «Para entender a un hombre, hay que mirar a los hombres; y para entender a los hombres, hay que observar a los animales». Cuando nos comparaba con otras especies, observó lo que llamó «perfectibilidad» humana —puso de moda el vocablo francés *perfectibilité*— y lo usó

para describir la plasticidad o maleabilidad humana, que a su juicio nos distinguía de los animales. Observó que, varios meses después del nacimiento de un animal, éste es en gran medida lo que será el resto de su vida, pero los seres humanos cambian en el curso de su existencia debido a la «perfectibilidad».

Y es precisamente esta perfectibilidad la que nos permite desarrollar distintas clases de facultades mentales y modificar el equilibrio entre nuestras capacidades y nuestros sentidos, algo que a su juicio puede resultar problemático, porque altera el equilibrio natural de nuestros sentidos. Debido a que nuestro cerebro es tan sensible a la experiencia, también es más susceptible de ser moldeado por ésta. Los métodos educativos como el Montessori, con su énfasis en la educación de los sentidos, nacieron de las enseñanzas de Rousseau. También fue el precursor de McLuhan quien, siglos más tarde, afirmaría que determinadas tecnologías y medios de comunicación alteran el equilibrio de nuestros sentidos. Cuando decimos que los medios de comunicación instantáneos nos alejan de la palabra escrita y disminuyen nuestra capacidad de concentración estamos hablando el lenguaje de Rousseau, cuando se refería a un nuevo tipo de problema relacionado con nuestro entorno que interfiere en nuestra capacidad cognitiva. A Rousseau también le preocupaba que el equilibrio entre nuestros sentidos y nuestra imaginación pudiera verse trastornado por clases de experiencias distintas.

En 1783 el contemporáneo de Rousseau Charles Bonnet (1720-1793), también un filósofo suizo y naturalista familiarizado con los escritos de Rousseau, escribió a un científico italiano llamado Michele Vincenzo Malacarne (1744-1816) proponiéndole que el tejido neuronal podría responder al ejercicio igual que lo hacen los músculos. Malacarne decidió hacer un experimento para comprobar esta hipótesis, para lo cual tomó parejas de pájaros procedentes de la misma puesta y crió a la mitad en un entorno enriquecido, estimulándolos de forma intensiva durante varios años, mientras que la otra mitad no recibió ningún tipo de estímulo. Más tarde repitió el experimento con dos cachorros de la misma camada. Cuando Malacarne sacrificó a los animales y comparó el tamaño de sus cerebros, encontró que los que habían recibido estimulación tenían mayor superficie cerebral, en especial en la parte del cerebelo, demostrando así la influencia de un «entorno enriquecido» y de la «estimulación» en el desarrollo del cerebro

individual. Los trabajos de Malacarne pronto cayeron en el olvido, hasta que Rosenzweig y otros los rescataron, ya en el siglo XX.

PERFECTIBILITÉ, UN ARMA DE DOBLE FILO

Aunque Rousseau, quien murió en 1778, no pudo llegar a conocer los resultados de los experimentos de Malacarne, demostró una inquietante capacidad de predicción sobre lo que la perfectibilidad significaría para la humanidad. Significa esperanza, escribió, pero en ocasiones es un arma de doble filo ya que, porque podemos cambiar, no siempre sabemos lo que es natural en nosotros y lo que hemos adquirido culturalmente. Y precisamente porque podemos cambiar corremos el riesgo de que la cultura y la sociedad nos influyan hasta el punto de alejarnos demasiado de nuestra verdadera naturaleza y convertirnos en quienes no somos.

Aunque la idea de que el cerebro y la naturaleza humana pueden ser «mejorados» es sin duda motivo de júbilo, también plantea toda clase de problemas morales. Algunos pensadores de la Antigüedad como Aristóteles, si bien no hablaron nunca de plasticidad cerebral, sí argumentaron que existía un desarrollo mental ideal o «perfecto». Según ellos, nuestras facultades mentales y emocionales nos vienen dadas por la naturaleza, y usándolas y perfeccionándolas es posible alcanzar un desarrollo mental saludable. Rousseau comprendió que si la vida mental y emocional del cerebro es maleable, entonces no podemos tener la certeza de lo que sería un desarrollo mental perfecto; podría haber varias clases. La perfectibilidad por tanto traía consigo la duda acerca de lo que significa perfeccionarse. Al reparar en este problema, Rousseau empezó a usar el término «perfectibilidad» en sentido irónico.

DE LA PERFECTIBILIDAD A LA IDEA DE PROGRESO

Cualquier cambio en nuestra manera de entender el cerebro afecta por fuerza nuestra concepción de la naturaleza humana. Después de Rousseau, la idea de perfectibilidad pronto pasó a asociarse a la de «progreso». Condorcet (1743-1794), el filósofo y matemático francés que tomó parte activa en la Revolución Francesa, argumentaba que la historia de la humanidad era también la historia del

progreso y la vinculaba a nuestra perfectibilidad. Escribió: «La naturaleza no ha puesto límites a la capacidad de perfección de las facultades humanas; [...] la perfectibilidad del hombre es ciertamente ilimitada, y [...] el progreso de esta perfectibilidad [...] no tiene más límites que la duración del mundo en el que vivimos». La naturaleza humana era, a su juicio, susceptible de ser continuamente mejorada, en términos morales e intelectuales, y los hombres no deberían fijar límites a su capacidad de perfección (esta visión resulta algo menos ambiciosa que la búsqueda de la perfección absoluta, pero sigue siendo ingenuamente utópica).

El tándem progreso y perfectibilidad llegó a Estados Unidos de la mano de Thomas Jefferson, quien parecer ser que entró en contacto con las ideas de Condorcet a través de Benjamin Franklin. Entre los padres fundadores de Estados Unidos, Jefferson era el más abierto a esta idea y escribió: «Estoy entre aquellos que piensan bien del carácter humano en términos generales [...] También creo, como Condorcet [...] que la mente del hombre es susceptible de perfeccionarse hasta un punto que todavía no alcanzamos a concebir». No todos los fundadores de la nación coincidían con Jefferson, pero el francés Alexis de Tocqueville, de visita por Estados Unidos en 1830, anotó que los americanos, a diferencia de otros pueblos, parecían creer en «la perfectibilidad infinita del ser humano». La idea del progreso científico y político —y su aliado, la creencia en la perfectibilidad individual— puede ser la explicación del gran interés que despiertan entre los estadounidenses los libros de autoayuda y autotransformación, así como de su disposición a resolver problemas y su actitud emprendedora ante la vida

Por esperanzador que todo esto suene, la idea teórica de perfectibilidad humana tiene, en la práctica, su lado oscuro. Cuando los revolucionarios utópicos en Francia y Rusia, imbuidos de ideas de progreso y con la creencia ingenua en la plasticidad de los seres humanos, miraron a su alrededor y se encontraron con una sociedad imperfecta, optaron por culpar a determinados individuos de «interponerse en el camino al progreso». El resultado fueron el Reino del Terror y el Gulag. Debemos tener extremo cuidado también, cuando hablamos de plasticidad cerebral, de no caer en la trampa de culpar a quienes, a pesar de esta nueva ciencia, no son capaces de mejorar o de cambiar. Está claro que la neuroplasticidad nos enseña que el cerebro es más maleable que lo que muchos pensaban, pero llamarlo «perfectible» puede resultar hasta pe-

ligroso. La paradoja plástica nos enseña que la neuroplasticidad puede ser también responsable de muchos comportamientos rígidos e incluso de algunas patologías. Conforme el concepto de plasticidad se sitúa en el centro de nuestra atención hoy en día, no estaría de más recordar que se trata de un fenómeno de efectos que pueden ser positivos pero también negativos: rigidez y flexibilidad, vulnerabilidad y unas aptitudes inesperadas.

El economista y estudioso Thomas Sowell ha observado que «Mientras que el uso del término "perfectibilidad" ha palidecido con el paso del tiempo, el concepto ha sobrevivido, prácticamente intacto, hasta el momento presente. La noción de que "el ser humano está hecho de materia altamente plástica" sigue siendo central en muchos pensadores contemporáneos». El detallado estudio de Sowell titulado *A Conflict of Visions* [Un conflicto de visiones] demuestra que los principales filósofos políticos occidentales pueden clasificarse según el grado en el que aceptan o rechazan esta plasticidad humana y tienen una visión más o menos rígida de la naturaleza humana. En líneas generales, los pensadores más o menos «conservadores» o «de derechas» como Adam Smith o Edmund Burke, parecían defender una visión de la naturaleza humana como algo rígido, mientras que los más «liberales» o «de izquierdas» como Condorcet o William Godwin han tendido a pensar que ésta es flexible. Sin embargo hay casos en los que los conservadores parecen tener una visión más plástica y los liberales más rígida. Por ejemplo, en épocas recientes, un número de analistas conservadores han argumentado que la orientación sexual es una cuestión de elección y que puede cambiarse a base de esfuerzo y experiencia; es decir, que se trata de un fenómeno plástico, mientras que, en líneas generales, los más liberales afirman que se trata de una tendencia «estructural», que está presente «en los genes». Pero no todos los pensadores defienden una visión ya sea rígida o flexible de la naturaleza humana, y los hay que tienen una idea mixta de la maleabilidad del hombre, de su perfectibilidad y de su capacidad de progreso.

Después de examinar de cerca la neuroplasticidad y la paradoja plástica hemos aprendido que contribuyen tanto a los aspectos más rígidos como a los más flexibles de nuestra naturaleza. Así, mientras que es cierto que la historia del pensamiento político occidental se sustenta en gran medida en la actitudes de los pensadores ante la cuestión de la plasticidad en distintas épocas, la

explicación de la neuroplasticidad humana en nuestro tiempo, si se estudia con detenimiento, demuestra que se trata de un fenómeno demasiado sutil como para basar en él una visión de la naturaleza humana como algo más o menos flexible o más o menos rígido, porque la realidad es que contribuye a ambas cosas, dependiendo de cómo se aplique.

Agradecimientos

Mi gratitud es grande y va dirigida a muchas personas, pero sobre todo a dos.

Karen Lipton-Doidge, mi mujer, me brindó sus consejos y su ayuda constantes en la redacción de este libro, discutiendo conmigo las ideas, ayudándome en la investigación y leyendo innumerables borradores, además de darme todo el apoyo intelectual y emocional posible.

Mi editor James H Silberman intuyó enseguida la importancia de la neuroplasticidad y trabajó conmigo durante tres años, animándome en las primeras fases del proyecto, siguiendo mis viajes y descubrimientos y observando —seguramente horrorizado— cómo se me olvidaba escribir conforme interiorizaba el lenguaje de la neuroplasticidad y luchaba por poder expresarlo, ayudándome a recuperar poco a poco mi fluidez en el inglés. Demostró una atención, un esfuerzo, una franqueza y una dedicación que nunca habría imaginado en un editor y su presencia, consejo y oficio están presentes en cada página de este libro. Ha sido un honor trabajar con él.

Doy las gracias a todos los neuroplásticos y a sus colegas, ayudantes, sujetos de estudio y pacientes que compartieron conmigo las historias que llenan estas páginas. Me dieron su tiempo y espero haber sido capaz de transmitir adecuadamente su emoción ante el nacimiento de un nuevo campo de la ciencia. Cuando este libro estaba a punto de imprimirse recibí la triste noticia de que Paul Bach-y-Rita, el amable e ingenioso iconoclasta que fue, en muchos sentidos, el verdadero padre de la idea moderna de la neuroplasticidad, falleció después de luchar varios años contra el cáncer. Por asombroso que parezca, estuvo trabajando hasta tres días antes de